

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REpubLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 اوت 1955- سكيكدة
UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences biologiques.
Spécialité : Biochimie appliqué.
Intitulé :

**Contribution à l'étude d'un lac au Nord-est de Skikda,
aspects systématique, biochimique et toxicologique.**

Présenté Par : Ben Ahmed Karima
Bounab Meriem
Mekhalif Houria

Membre de Jury:

Mr. BASLI A. Kader (MCA)	Président	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda
Mme. BENDJEDID Madiha (MAA)	Promoteur	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda
Mme. NADJI Safia (MCB)	Examineur	Univ. du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant de nous avoir guidé tout le long de nos vie, qu'il nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, et qu'il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Tout d'abord, nous remercions notre encadreur Mme Bendjedid Madiha; Qui a accepté de nous encadrer, pour nous avoir toujours soutenue, conseillée et guidée. Et que La réalisation de ce travail n'aurait pu être menée à terme sans son support continu.

Nous remercions également Mr Basli A. qui a accepté de présider ce jury.

Et Mme Nagi S; d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos sincères remerciements s'adressent à l'ensemble des enseignants de Département des Sciences de la Nature et de la Vie.

Nos remerciements s'adressent également aux ingénieurs de laboratoire pour avoir facilité la partie expérimentale de ce travail.

Nous remercions vivement M^{ELLE} Hadeb Nour El-Malek pour ses encouragements et précieuses aides.

Finalement, a tous ceux et celles qui ont participés de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

A mes parents, je les remercie avec affection pour leurs sacrifices, leurs Encouragement, surtout ma très chère mère pour son amour, son support moral et physique, ses prières et ses tendresses pour m'avoir donnée la force de continuer et obtenir ce mémoire;

A mes très chères sœurs pour le soutien moral qu'ils m'ont toujours apporté;

Wahida, Ilhem, sameh, et Hadjer (Mimouna)

A mes très chères nièces : Nour, Naghoum, Kouloud, Oumaima, Djena, Minna , Maria, et Milou.

A mes chères frères Ali et Yassine.

A l'âme d'el ousted Ismain que dieu puissant le benisse.

A tous mes amis :Ferial, Lilia, Nawel, Aissa, Aissa et Sara.

Aux ingénieurs du laboratoire du RA2k pour leurs précieuses aides surtout : Bouhouche Rami et Labeled Mohamed, sans oublier M^r Boudiss, Amir et Azouz Soumia.

ainsi qu'à toutes les personnes qui ont fait que je me tiennent devant vous aujourd'hui.

A tous ceux que j'aime et m'aiment

Je dédie Ce Modeste Travail.

Karima

Dédicace

À mon cher mari Iskandar,

Tu es mon rocher, mon soutien inébranlable. Merci d'être mon pilier, ma force et mon bonheur.

Chaque jour à tes côtés est une bénédiction que je chéris infiniment.

À mes chers enfants Nahar, Talel et Afnane,

que votre vie soit toujours remplie d'amour et de réussite.

À mon défunt père bien-aimé Ahmed,

Même si tu n'es plus parmi nous physiquement, ton amour et ta sagesse continuent de guider chaque pas que je fais. Ta présence reste gravée dans mon cœur pour toujours.

À ma mère admirable Farida,

Ta tendresse infinie et ton courage sont des exemples qui illuminent ma vie. Merci d'être mon modèle de force et de douceur.

À mes frères et à chacune de leurs épouses,

Vous êtes mes complices de toujours, mes amis les plus précieux. Notre lien fraternel est un trésor que je chéris profondément.

À ma chère belle-mère et à mes merveilleuses belles-sœurs et beaux-frères,

Votre présence dans ma vie apporte une lumière chaleureuse et des moments précieux. Merci d'être non seulement une famille, mais aussi des amis proches.

À mon encadrante bienveillante Dr Bendjdid Madiha,

Pour votre guidance et vos conseils avisés qui ont enrichi ce travail.

Enfin, à mes amis et collègues,

Votre amitié et votre camaraderie rendent chaque journée plus lumineuse. Merci d'être mes compagnons de route, de partager les rires et les défis de la vie.

Avec tout mon amour et ma gratitude sincère,

Meriem

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

*A notre Dieu, le tout puissant, pour le souffle dont il nous fait grâce, car c'est
à lui seul que nous devons notre vie. Que la gloire lui soit rendue.*

Au meilleur des pères

A ma très chère maman

Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté

A qui je dois tout.

A mes frères et sœurs

A qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite

A mes nièces et mes neveux

A mes amis

A mon encadreur Dr Benjdid Madiha

A mon trinôme Karima et Mériem

A tous ceux qui me sont chers.

Houria

Résumé

Les écosystèmes lacustres en Algérie font l'objet de plusieurs travaux concernant leur faune et leur flore et qualité d'eau. Ce travail de recherche contribue à l'identification des macro-invertébrés aquatiques du lac Garaat-Zaouia appartenant à la zone humide de Guerbes-Sanhadja à l'Est de Skikda, classé Ramsar, au mois de Mai révélant la présence de 11 espèces, huit familles de cinq ordres: Hemipteras, Coleopteras, Dipteras, Cyclopoidas et Diplostracas. En plus, l'analyse des paramètres physicochimiques de l'eau (température, conductivité électrique, salinité, pH, métaux lourds, etc.), sur trois stations sélectionnées du mois de Février à Mai 2024 révélant l'altération de certains paramètres dans les trois stations indiquant une pollution due probablement à des rejets domestiques et au lessivage agricole.

Un essai toxicologique du Picador (Acétamipride 20%) pesticide largement utilisé en agriculture pour protéger les cultures a été effectué, où les concentrations létales CL50 et CL90 ont été appliquées sur la faune non visées, le résultat enregistre un taux de mortalité élevé chez les différentes espèces traitées aux deux concentrations impactant la faune non visée et menace la biodiversité locale .

Mots clés : Les macro-invertébrés benthiques, paramètres physicochimiques, toxicité, pollution, Pesticides, Lac Garaat-Zaouia.

Abstract

Lake ecosystems in Algeria have been the subject of several studies concerning their fauna, flora, and water quality. This research contributes to the identification of aquatic macroinvertebrates in Lake Garaat-Zaouia, part of the Guerbes-Sanhadja wetlands in the eastern Skikda region, classified as Ramsar. In May, eleven species belonging to eight families across five orders (Hemiptera, Coleoptera, Diptera, Cyclopoida, and Diplostraca) were identified. Additionally, analysis of physicochemical water parameters (temperature, electrical conductivity, salinity, pH, heavy metals, etc.) conducted at three selected stations from February to May 2024 revealed altered parameters at all three stations, indicating pollution likely from domestic waste and agricultural runoff.

Toxicological testing of the pesticide Picador (20% Acetamiprid), widely used in agriculture to protect crops, was conducted. The lethal concentrations (LC50 and LC90) were applied to non-target fauna, resulting in high mortality rates among various species at both concentrations, impacting non-target fauna and posing a threat to local biodiversity.

Keywords: Benthic macroinvertebrates, physicochemical parameters, toxicity, pollution, pesticides, Lake Garaat-Zaouia.

ملخص

نظم البحيرات في الجزائر كانت موضوع دراسات عديدة تتعلق بحيواناتها ونباتاتها وجودة مياهها. تساهم هذه الدراسة في تحديد المفترسات المائية الكبرى في بحيرة قرعة الزاوية، التي تقع ضمن أراضي رطبة غرب صنهاجة في منطقة سكيكدة الشرقية، والتي تم تصنيفها كموقع رامسار. في شهر مايو، تم تحديد إحدى عشرة نوعاً تنتمي إلى ثماني عائلات عبر خمسة رتب (Hemiptera، Coleoptera، Diptera، Cyclopoida، و Diplostraca). بالإضافة إلى ذلك، أظهر تحليل المعلمات الفيزيوكيميائية للمياه (درجة الحرارة، والتوصيل الكهربائي، والملوحة، والرقم الهيدروجيني، والمعادن الثقيلة، إلخ) الذي أجري على ثلاث محطات مختارة من فبراير إلى مايو 2024 تغييرات في المعلمات في جميع المحطات الثلاث، مما يشير إلى وجود تلوث يرجح أن يكون ناجماً عن النفايات المنزلية والتصريف الزراعي.

تم إجراء اختبار سمية لمبيد الحشرات بيكادور (Acetamiprid بنسبة 20%) المستخدم على نطاق واسع في الزراعة لحماية المحاصيل. تم تطبيق التراكيز القاتلة (LC50 و LC90) على الحيوانات البرية غير المستهدفة، مما أدى إلى معدلات وفاة مرتفعة بين مختلف الأنواع عند كلا التركيزين، مما يؤثر على الحيوانات البرية غير المستهدفة ويشكل تهديداً للتنوع الحيوي المحلي.

الكلمات الرئيسية: المفترسات المائية الكبرى القاعية، المعلمات الفيزيوكيميائية، السمية، التلوث، المبيدات الحشرية، بحيرة قرعة الزاوية .

SOMMAIRE

Introduction	2
Chapitre I : Etude bibliographiques	
1. Généralités sur l'eau	6
2. Contrôle de la qualité de l'eau	7
3. Analyse physico-chimique	7
3.1. Potentiel d'Hydrogène (pH)	7
3.2. Conductivité électrique	7
3.3. La résistivité	7
3.4. Taux des sels dissous (TDS)	8
3.5. Matières en suspension (MES)	8
3.6. La turbidité	8
3.7. Dureté TH	8
3.8. Calcium (Ca²⁺)	8
3.9. Magnésium (Mg²⁺)	8
3.10. Titre alcalimétrique (TA)	9
3.11. Titre alcalimétrique complet (TAC)	9
3.12. La demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO5)	9
3.13. Nitrites	9
3.14. Nitrate	9
3.15. Chlorures (Cl)	10
3.16. Sulfate	10
3.17. Les métaux lourds	10
4. Pollution de l'eau	11
5. Les macro- invertébrés benthiques	12
6. Les pesticides	12
7. Impact des pesticides sur les écosystèmes aquatiques	13
8. L'Acétamipride	14
8.1. Définition	14
8.2. Propriétés d'Acétamipride	14
8.3. Caractéristiques physico-chimiques	15

Chapitre II : Matériel et méthodes

2. Présentation de la zone d'étude	19
2.1. Description du site d'étude « Garaat –zaouia- »	19
2.1.2. Le réseau hydrographique	21
2.2. Climatologie	21
2.2.1. Température	21
2.2.2. Les précipitations	22
2.2.3. L'humidité	23
2.2.4. Les vents	23
2.3. Méthodes de prélèvement	24
2.3.1. Matériel de prélèvement :	25
2.3.2. Technique de prélèvement et conservation des échantillons	25
2.3.3. Technique de prélèvement des macros invertébrées aquatiques	26
2.3.4. Identification systématique de la faune macrobenthique	27
3. Les analyses physico-chimiques	27
3.1. Potentiel hydrogène (pH), Conductivité électrique et Total des solides dissous (TDS)	27
3.2. Les matières en suspension (MES)	28
3.3. La Turbidité	28
3.4. Détermination de la dureté totale (TH)	29
3.5. Détermination du (TA)/(TAC)	30
3.6. Détermination du (Ca²⁺) et (Mg²⁺)	31
3.7. Détermination de chlorure (Cl⁻)	31
3.8. Détermination du DBO5	32
3.9. Dosage de nitrates (NO³⁻)	32
3.10. Dosage de nitrites (NO²⁻)	33
3.11. Dosage du sulfate (SO⁴⁻²)	33
3.12. Les analyses des métaux lourds	34
4. Le pesticide	36
5. Préparation des solutions	37
5.1. Solution mère (Acétamipride)	37
5.2. Le test de toxicité	37

6. Détermination du taux de mortalité	38
7. Analyse statistique	38
Chapitre III Résultats et discussion	
3. Résultats	40
3. 1. Systématique de la faune Macrobenthique	40
3. 2. Analyse des paramètres physicochimiques	41
3. 2. 1 Spatiales	41
3. 2. 2. Temporelles	43
3 2. 2. 1 Le pH	43
3. 2. 2. 2. La conductivité	43
3. 2. 2. 3. La résistivité	44
3. 2. 2. 4. TDS	44
3. 2. 2. 5. La turbidité	45
3. 2. 2. 6. Chlorure (Cl⁻)	45
3. 2. 2 7. Le TA/TAC	46
3. 2. 2. 8. Le THT	46
3.2. 2. 9. Le TH Ca²⁺	47
3.2. 2. 10. Le TH Mg²⁺	47
3.2. 2. 11. MES	47
3. 2. 2. 12. DBO₅	48
3. 2. 2. 13. Le NO²	48
3. 2. 2. 14. Le NO³⁻	49
3. 2. 2. 15. Le SO₄-2	49
3. 2. 2. 16. Le Cl⁻²	49
3. 2. 2. 17. Les métaux lourds	50
3. 3. Toxicité de l'Acétamipride	52
Conclusion générale	57
Références bibliographique	58

N° Figure	Les Titres	Page
Figure 01	Localisation géographique du site d'étude, présentation des stations de Garaat-Zaouia.	20
Figure 02	Variation mensuelles de la température de la zone d'étude.	22
Figure 03	Variation mensuelles des précipitations de la zone d'étude	22
Figure 04	Variation mensuelles de l'humidité de la zone d'étude.	23
Figure 05	Variation mensuelles du vent de la zone d'étude	24
Figure 06	Matériels de prélèvement	25
Figure 07	Technique de prélèvement	26
Figure 08	appareil pH-conductimètre	28
Figure 09	Photographie de l'agitateur magnétique	28
Figure 10	Photographie du Turbidimètre	29
Figure 11	Photographie du Dosage (TH)	29
Figure 12	Photographie du Dosage (TA)/(TAC).	30
Figure 13	Photographie du Dosage (Ca ²⁺)	31
Figure 14	Photographie du Dosage (Cl ⁻)	31
Figure 15	Photographie du Dosage DBO5	32
Figure 16	Photographie du Dosage NO ³	33
Figure 17	Photographie du Dosage NO ²	33
Figure 18	Photographie du Dosage SO ⁴⁻²	34
Figure 19	Photographie du Dosage de Fe ⁺² / cu ⁺² / Cr ⁺⁶ .	34
Figure 20	Photographie du Dosage du zinc	35
Figure 21	Photographie du Dosage d'aluminium	36
Figure 22	L'insecticide utilisé « picador (Acétamipride 20 % SL	36
Figure 23	La Solution mère (Acétamipride)	37
Figure 24	Test de toxicité de Picador à l'égard de la faune non ciblée	37
Figure 25	Diverses espèces de macroinvertébrés collectés à partir du lac Garaat -Zaouia-	41
Figure 26	Variation temporelle du pH de la zone d'étude	43
Figure 27	Variation temporelle de la conductivité de la zone d'étude	43

Figure 28	Variation temporelle de la résistivité de la zone d'étude	44
Figure 29	Variation temporelle de la TDS de la zone d'étude	44
Figure 30	Variation temporelle de la turbidité de la zone d'étude	45
Figure 31	Variation temporelle du Cl^- de la zone d'étude	45
Figure 32	Variation temporelle de TA/TAC de la zone d'étude	46
Figure 33	Variation temporelle de THT de la zone d'étude.	46
Figure 34	Variation temporelle de TH Ca^{2+} de la zone d'étude.	47
Figure 35	Variation temporelle de TH Mg^{2+} de la zone d'étude	47
Figure 36	Variation temporelle des MES de la zone d'étude.	47
Figure 37	Variation temporelle du DBO5 de la zone d'étude.	48
Figure 38	Variation temporelle du NO_2^- de la zone d'étude	48
Figure 39	Variation temporelle du NO_3^- de la zone d'étude.	49
Figure 40	Variation temporelle du SO_4^- de la zone d'étude.	49
Figure 41	Variation temporelle du Cl^{-2} de la zone d'étude	49
Figure 42	Variation temporelle du Fe^{2+} de la zone d'étude.	50
Figure 43	Variation temporelle du Cr^{3+} de la zone d'étude	50
Figure 44	Variation temporelle du Zn^{2+} de la zone d'étude	51
Figure 45	Variation temporelle du Cu^{2+} de la zone d'étude	51
Figure 46	Variation temporelle du Al^{3+} de la zone d'étude.	52
Figure 47	Mortalité de l'espèce <i>Laccophilus sp</i> par l'Acétamipride (CL50;CL90) après 24,48 et 72 heures	53
Figure 48	Mortalité de l'espèce <i>Notonecta glauca</i> par l'Acetamipride (CL50;CL90) après 24,48 et 72 h	53
Figure 49	Mortalité de l'espèce <i>Daphnia magna</i> par l'Acétamipride (CL50;CL90) après 24,48 et 72 h	54

Tableau	Les Titres	Page
Tableau 01	Variation mensuelles de Température de la région	21
Tableau 02	Variation mensuelles de précipitations de la région	22
Tableau 03	Variation mensuelles de l'humidité de la région	23
Tableau 04	Variation mensuelles du vent de la région	24
Tableau 05	Calendrier d'échantillonnage.	24
Tableau 06	Les espèces échantillonnées à partir du lac El-Garaat –Zaouia- identifiées systématiquement	40
Tableau 07	Résultat des analyses physico-chimiques par station	42
Tableau 08	Taux de mortalité de l'espèce <i>Laccophilus sp</i> traitée par (CL 50 ; CL90) l'Acétamipride après 24h ,48h et 72h (n=6)	52
Tableau 09	Taux de mortalité de l'espèce <i>Notonecta glauca</i> par l'Acétamipride après 24h ,48h et 72h (n=3)	53

Introduction

Introduction :

L'eau, cet élément essentiel à la vie sur Terre, est bien plus qu'une simple ressource naturelle ; c'est le pilier fondamental sur lequel repose notre existence et celle de tous les êtres vivants (**Odoulami, 2009**). Depuis des milliards d'années, elle façonne notre planète, régulant le climat, modelant les paysages et alimentant les écosystèmes. L'eau est omniprésente, que ce soit sous forme de vastes océans, de rivières sinueuses ou de minuscules gouttelettes dans l'air. Son importance transcende les frontières géographiques et culturelles, touchant tous les aspects de la vie humaine, animale et végétale. Aucune substance liquide ne peut la remplacer, elle recouvre 72 % de la surface de la terre, une réserve totale de 1350 milliards de km³ dans la biosphère. Également présente à 65% dans le corps humain.

La molécule d'eau est l'association d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène (H₂O). En tant que liquide elle est considérée comme un solvant universel, qui se congèle à 0°C, et peut se transformer en vapeur à sa température d'ébullition 100°C, mais ces principales caractéristiques font qu'elle est inodore incolore et sans gout (**Gérard, 1999**).

Par sa nature unique, l'eau possède des propriétés physico-chimiques exceptionnelles qui lui confèrent un rôle essentiel dans de nombreux processus biologiques, géologiques et climatiques.

L'eau est la ressource vitale qui soutient la vie de toutes les formes de vie aquatiques, y compris les espèces macro benthiques qui jouent un rôle clé dans les écosystèmes aquatiques. Elles contribuent à la décomposition des matières organiques, au recyclage des nutriments et à la purification d'eau. De plus, ces organismes servent de source de nourriture pour de nombreux autres animaux aquatiques, ce qui contribue à la chaîne alimentaire. Par conséquent, la santé et la diversité des espèces macro benthiques sont essentielles pour maintenir l'équilibre écologique des milieux aquatiques, et tout impact sur ces organismes peut avoir des répercussions importantes sur l'écosystème dans son ensemble.

L'intégrité écologique de ces écosystèmes est directement influencée par les activités humaines (**Mercado et al., 2002; Shi et al., 2017**), telles que : le prélèvement d'eau, la pollution, la canalisation, la construction des barrages, l'agriculture et autres pressions (**Marzin et al., 2012; Matono et al., 2012; Li et al., 2013 ; Shen et al., 2015**).

L'intensification des activités humaines a modifié les conditions physiques des habitats aquatiques, en raison l'altération du régime hydrologique (**Nilsson & Berggren, 2000; Richter et al., 2003; Ryron & Neumann, 2008; Borja et al., 2010 ; Belmar et al., 2013**). Les perturbations anthropiques entraînent une détérioration de la qualité de l'eau et constituent la principale menace pour la faune aquatique dans le monde entier (**Maceda et al., 2010**). Ces perturbations affectent énormément l'état de santé des écosystèmes aquatiques et leur biocénose et entraînent un déclin de

la biodiversité des eaux douces (**Geist, 2011; Fierro, 2018**), et la perte des biens et les services écosystémiques associées (**Vinebrooke et al., 2004**).

Les communautés benthiques jouent également un rôle important dans les réseaux trophiques, reliant les réseaux trophiques benthiques et pélagiques, en se nourrissant de détritus, d'algues, de bactéries, de protozoaires et d'autres petits invertébrés, et en jouant un rôle important dans le recyclage des nutriments et la décomposition de la matière organique. D'autre part, ils constituent la source d'énergie pour les organismes des niveaux trophiques supérieurs qui s'en nourrissent (**Wallace & Webster, 1996**). Etant sensibles aux changements environnementaux, les macro-invertébrés benthiques, sont souvent utilisés comme des indicateurs biologiques dans la surveillance et l'évaluation de l'état de santé de l'environnement (**Podraza et al., 2000; Sharma et al., 2009; Sharifinia et al., 2012; Andem et al., 2013; Kahirun et al., 2016; Patang et al., 2018; Jindal et al., 2020**).

Des études menées par des chercheurs sont alarmantes concernant les effets néfastes des pesticides sur les écosystèmes aquatiques, soulignant l'importance de préserver la qualité de l'eau pour la biodiversité (**Carson, 1962**).

Cependant, ces produits chimiques peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement aquatique lorsqu'ils sont transportés par les eaux de ruissellement ou les pluies vers les écosystèmes aquatiques. Les pesticides peuvent contaminer les cours d'eau, les lacs et les estuaires, entraînant une détérioration de la qualité de l'eau et des dommages aux espèces macro benthiques. Les effets des pesticides sur l'environnement aquatique incluent la toxicité aiguë et chronique, l'altération de l'habitat, la perturbation des cycles biogéochimiques et la réduction de la biodiversité. L'Acétamipride fait partie des pesticides les plus utilisés, cela nous a amenés à tester cette molécule sur quelques espèces non ciblées.

Les écosystèmes d'eau douce représentent des points chauds, riches en biodiversité en comparaison avec leur superficie, ils abritent environ 10 % de toutes les espèces décrites, tandis qu'ils ne couvrent qu'environ 0.8% de la surface de la Terre (**Dudgeon et al., 2006; Strayer & Dudgeon, 2010**).

Dans le cadre de l'évaluation et la préservation d'écosystème ce travail s'intéresse à :

- Etablir une check-list des principaux groupes taxonomiques des macro-invertébrés benthiques du lac Garaat- Zaouia site Ramsar Benazzouz wilaya de Skikda.
- Déterminer les paramètres physico-chimiques des eaux de surface du lac Garaat- Zaouia.
- Evaluer le pesticide Picador (Acétamipride 20%SL) et son impact sur les espèces non visé.

Pour plus de clarté dans la présentation de ce mémoire, nous l'avons scindé en trois grands chapitres plus une introduction et une conclusion avec des perspectives.

- Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique concernant l'eau, les macros invertébrés benthiques et les pesticides conventionnels.
- Le second chapitre est réservé à la description du site d'étude, la méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail, l'échantillonnage (Espèces & Eau), l'identification systématique, analyse des propriétés physicochimique de l'eau et le test toxicologique.
- Le troisième chapitre représente les résultats obtenus avec interprétations et discussion.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

1. Généralités sur l'eau:

L'eau est très présente sur notre planète, ainsi vue de l'espace, la Terre apparaît bleue car les océans recouvrant près des trois quarts de la surface terrestre (70%). La totalité de l'eau sur terre représente un volume de 1,4 milliard de km³ sous forme liquide, solide ou gazeuse. Cependant, la majeure partie de l'eau (97 %) est contenue dans les océans et est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'Homme, l'eau douce n'en représente que 3 %.

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur la terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. C'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants.

Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques : c'est notamment un solvant efficace pour beaucoup de corps solides trouvés sur terre, et elle est quelque fois désignée sous le nom de « solvant universel ».

Il existe plusieurs sources d'eaux brutes : les eaux de pluie, de surface et souterraines. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction Eau- milieu environnant. Concernant les eaux de pluie, qui sont de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces (**Bouamrane, 2014**).

Tandis que pour les eaux de surface sont des eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents. Elles proviennent soit par des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit par les eaux de ruissellement (fleuves, rivières, barrages, mares, marigots). Elles sont caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable (**Degremont, 2005**).

Il existe deux types d'eaux de surface les eaux courantes qui sont généralement des cours d'eaux en mouvement, comme les rivières, les ruisseaux et les eaux de mer. Elles jouent un rôle vital dans les écosystèmes et aussi pour les activités humaines, et les eaux stagnantes qui présentent des masses d'eau qui ne circulent pas ou peu, comme les étangs, les marais ou les flaques d'eaux stagnantes. Les eaux d'un lac sont considérées comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. Dont les caractéristiques varient très lentement au cours de l'année, à l'exception de deux courtes périodes au printemps et l'automne. Durant ces Périodes, la différence de température entre les eaux de surface et les eaux profondes peut provoquer un renversement des eaux du lac et augmenter ainsi brusquement la turbidité. (**Boutahrine, 2014**).

Aussi les eaux des étangs sont généralement des cours d'eaux stagnantes, peu profondes, souvent situées dans des zones humides ou des régions où les cours d'eaux se ralentissent.

Enfin les eaux souterraines, qui se trouve sous la plupart des terres émergées du globe. Leur Origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varie en fonction de sa Porosité et de sa structure géologique (Cardot, 1999).

2. Contrôle de la qualité de l'eau:

En rapport au contrôle de la qualité de l'eau, sept groupes de paramètres ont été déterminés : paramètres organoleptiques, physico-chimiques liés à la structure naturelle de l'eau, paramètres indésirables, d'autres concernant les eaux adoucies, paramètres toxiques, certaines concernant les pesticides et les produits apparentés et finalement micro biologique (Edmond, 2000).

Seulement les paramètres qui sont considérés dans le cadre de ce travail sont présentés dans ce document.

3. Analyse physico-chimique:

Ils sont en relation avec la structure naturelle des eaux. Ceux sont des caractères que l'eau brute a pu acquérir dans son parcours naturel (Anonyme 1).

3.1. Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH mesure l'activité chimique des ions hydrogènes en solution, il fait partie des paramètres essentiels de contrôle de la qualité de l'eau. Car, il conditionne un large éventail d'équilibres physico-chimiques entre les gaz dissous (CO₂), les ions carbonates et bicarbonates (Belghiti *et al.*, 2013, Akil *et al.*, 2014). Le PH des eaux naturelles est principalement imposé par les équilibres des acides carboniques (Rodier *et al.*, 2009). Il est aussi influencé par la nature du substratum sol, la géologie et l'origine des eaux (Belghiti *et al.*, 2013).

3.2. Conductivité électrique :

La conductivité électrique standard s'exprime généralement en millisiemens par mètre (mS/ m) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 µS/cm. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a ses exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent pas généralement des variations importantes en sels dissous.

3.3. La résistivité :

La résistivité de l'eau est une mesure de sa capacité à résister au passage d'un courant électrique. Elle est inversement proportionnelle à la conductivité électrique de l'eau.

La résistivité dépend fortement de la pureté de l'eau et de la température à laquelle elle est mesurée.

Une haute résistivité indique une faible présence d'ions et une eau plus pure.

3.4. Taux des sels dissous (TDS) :

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale des sels minéraux dissous dans l'eau qui est appelée le TDS.

Une eau, dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l, est généralement considérée comme bonne (**Rejsek, 2002**).

3.5. Matières en suspension (MES) :

Les MES comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, ainsi que le plancton et d'autres micro-organismes de l'eau. La quantité de MES varie notamment selon les saisons, le régime d'écoulement des eaux (**Devillers et al., 2005**), la sédimentation et l'érosion (**Baxter, 1977**). Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et, par suite, la photosynthèse (**Devillers et al., 2005**). Les MES peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, elles peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycyclique).

3.6. La turbidité :

La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, etc.). Il est important de connaître le taux de la turbidité lorsqu'on envisage de traiter l'eau car elle facilite le développement des germes indicateurs de contamination, réduit l'efficacité des désinfectants et accroît la consommation de chlore tout en diminuant son efficacité (**Rodier et al., 2009**).

3.7. Dureté TH :

La dureté ou le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en cations Ca^{++} et Mg^{++} à l'exception des alcalins (**Ledler, 1986**). La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux.

3.8. Calcium (Ca^{2+}) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaire sous forme de carbonates. Est un composant majeur de la dureté totale de l'eau. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure etc.

3.9. Magnésium (Mg^{2+}):

Le magnésium est plus abondant après le calcium par rapport au sodium et au potassium. Le magnésium peut avoir deux gains : Les calcaires dolomitiques qui libèrent le magnésium par

dissolution, en présence du gaz carbonique. La dissolution du $MgSO_4$ des terrains gypseux du Trias situés au Sud (Sahraoui, 2015).

3.10. Titre alcalimétrique (TA) :

L'alcalinité de l'eau appelée aussi titre alcalimétrique est liée à son contenu en caractère alcalin (Rodier *et al.*, 2009), c'est-à-dire à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, elle est due la plupart du temps à la présence d'hydrogénocarbonates ou bicarbonates (HCO_3^-) et de carbonates (CO_3^{2-}). Le gaz carbonique (CO_2) présent dans le sol ou dans l'atmosphère est la principale source d'alcalinité dans les eaux de surface (Hem, 1985).

3.11. Titre alcalimétrique complet (TAC) :

Il correspond à la teneur en ions OH^- , CO_3^{2-} et HCO_3^- pour des pH inférieur, à 8,3, la teneur en ions OH^- et CO_3^{2-} est négligeable (TA=0), dans ce cas la mesure de TAC correspondant au dosage des bicarbonates seuls. (Menad & Metadger, 2012).

3.12. La demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO5) :

La DBO5 est un indicateur de la quantité d'oxygène dissous nécessaire pour que les microorganismes aérobies présents dans l'eau décomposent la matière organique au cours de cinq jours à une température standard de $20^{\circ}C$. C'est une mesure couramment utilisée pour évaluer la qualité de l'eau, en particulier dans les eaux de surface, car elle reflète la pollution organique. Une valeur élevée de **DBO5** indique une forte présence de matière organique, ce qui peut signifier une pollution importante et un potentiel appauvrissement de l'oxygène disponible pour les organismes aquatiques (OMS, surveillance de la qualité de l'eau.)

3.13. Nitrites :

Sous l'action oxydative des micro-organismes, les nitrates (NO_3^-) sont formés naturellement à partir de l'ion ammonium (NH_4^+). Quant aux nitrites (NO_2^-), ils sont formés par dégradation de la matière azotée mais sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable (Levallois & Phaneuf, 1992).

3.14. Nitrate :

À cause de leur instabilité et de leur très grande hydro solubilité dans l'environnement, la contamination des sources d'eau et des nappes souterraines par les nitrates devient beaucoup plus préoccupante. L'utilisation soutenue des fertilisants chimiques ou organiques dans la production agricole, les fosses septiques, les fumiers d'animaux et les effluents (municipaux et industriels) sont les principales sources de contamination de l'eau par les nitrates (Levallois & Phaneuf, 1992; Who, 2011; Akil *et al.*, 2014).

3.15. Chlorures (Cl⁻) :

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (**Makhoukh, 2011**).

3.16. Sulfate :

Les sulfates peuvent être trouvés dans presque toutes les eaux naturelles. L'origine de la plupart des composés sulfates est l'oxydation des minerais de sulfates, la présence des schistes ou des déchets industriels. (**Akil et al., 2014**). L'utilisation des engrais chimiques, la lessive et la combustion du charbon et du pétrole entraînant la production d'importante quantité de sulfures qui sont les principales sources anthropiques des sulfates (**Barry, 1989**).

3.17. Les métaux lourds :

Les métaux lourds regroupent une famille de composés assez vaste (fer, zinc, chrome, aluminium...), la plupart se trouvant à l'état particulaire. Ils sont souvent définis comme les éléments métalliques ayant une masse volumique supérieure à 5g/cm³. Au-delà d'une certaine concentration, la plupart des métaux lourds deviennent toxiques, même cancérigènes. (**Anonyme 2**)

*Fer (Fe) :

Le fer se trouve de manière importante dans les eaux souterraines car c'est un élément de la croûte terrestre à raison de 4,5 à 5%. Sa présence dans l'eau dépend des conditions physique et hydrologique (lessivage des terrains, rejets industriels, corrosion des canalisations métalliques). Une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir plus de 0,3 mg/l de fer (**Potelon & Zyman, 1998**).

*Zinc :

Le zinc (Zn) est présent de façon naturelle dans l'écorce terrestre. Les minerais de zinc sont très répandus. C'est un oligo-élément à faible dose mais qui peut être toxique à forte dose (en fonction de sa nature chimique). Le chlorure de zinc comme le sulfate de zinc, par exemple, sont très toxiques pour les organismes aquatiques, entraînent des effets néfastes à long terme. (**Anonyme 3**)

*L'aluminium :

Très répandu sur la terre, l'aluminium vient par ordre d'importance après l'oxygène et le silicium. Lorsqu'il est en solution et en milieu acide, il existe sous forme d'Al³⁺. Il ne représente aucun inconvénient pour l'organisme humain à des concentrations inférieures à 0,2 (**Rodier et al., 2009**). L'aluminium se rencontre rarement en solution dans les eaux naturelles à une par litre. De nombreux minéraux silicatés dont les feldspaths, les feldspathoïdes, les micas et beaucoup d'amphiboles sont d'importantes sources d'aluminium (**Hem, 1985**).

***Chrome :**

Le (Cr) n'existe pas à l'état natif mais seulement sous forme de minerai tel que la chromite. C'est un composé présent en petites quantités à l'état naturel dans les roches et les sols. Sa forme naturelle est plutôt trivalente (chrome III). La forme hexavalente (chrome VI) est principalement liée aux activités humaines. On le retrouve en trace dans les combustibles fossiles solides, le fioul lourd et la biomasse.

Le chrome hexa valent (Cr^{6+}) est classé cancérigène groupe 1 mais les autres formes ne le sont pas (**Anonyme 3**).

***Cuivre :**

Le cuivre (Cu) est un métal présent à l'état naturel dans l'écorce terrestre à l'état pur et dans de nombreux minerais. Il se trouve à l'état de traces dans des combustibles fossiles solides et dans la biomasse. Le cuivre est un oligo-élément essentiel. Le sulfate de cuivre et le chlorure de cuivre sont très toxiques pour les organismes aquatiques (**Anonyme 3**).

4. Pollution de l'eau :

La pollution d'une eau superficielle est la dégradation de sa qualité en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Les effets indésirables de ce phénomène sur les organismes vivants ont fait l'objet de nombreux travaux (**Adjagodo et al., 2017; Bougherira et al., 2017; N'guessan et al., 2016; Kpoda et al., 2023**).

Cette pollution provient de plusieurs sources d'origine anthropique (**Mekhalif, 2009**), dont les principales sont : Urbaines (activités domestiques ; eaux d'égout, eaux de cuisine..) agricoles (engrais, pesticides) et industrielles (agroalimentaire, chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...).

Six grandes familles caractérisent la pollution :

***Pollution physique :** qui résulte de différents éléments solides entraînés par les rejets domestiques et industriels.

*** Pollution solide :** elle provient des particules solides apportées par les eaux

Industrielles ainsi que les eaux de ruissellement et issue des décharges de déchets à ciel ouvert.

***Pollution thermique :** causée généralement par les eaux des circuits de refroidissement des usines, en effet tout changement de température de l'eau a des conséquences significatives sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants.

*** Pollution radioactive :** liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs (**Mekaoussi, 2014**).

*** Pollution chimique :** elle est due aux polluants chimiques de nature organique et minérale générés par les différentes activités anthropiques. Ce type de pollution regroupe les solvants, les

métaux (Zn, Pb, Cd,.....), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényles (PCB), les produits pharmaceutiques, les pesticides, les sels, etc...

***Pollution microbiologique :** elle provient de plusieurs sources comme les rejets des hôpitaux, l'agriculture ainsi que les rejets d'eaux usées. L'eau se charge alors de microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) qui peuvent être dangereux pour l'environnement et pour la santé humaine (**Lounnas, 2009**).

5. Les macroinvertébrés benthiques :

On désigne par le terme « macroinvertébrés » tous les animaux visibles à l'œil qui ne possèdent pas de squelette d'os ou de cartilage. Ils constituent un maillon important de la chaîne alimentaire aquatique car ils font partie du régime alimentaire de nombreux poissons, oiseaux et amphibiens.

Les macroinvertébrés benthiques sont principalement constitués d'insectes aquatiques. Ils sont présents dans l'eau sous différentes formes en fonction de leur cycle biologique : larve, nymphe, adulte. Les autres classes les plus représentées sont les mollusques, les vers et les crustacés. Ils sont souvent utilisés comme indicateur des effets de l'activité humaine sur les écosystèmes, aussi utilisé pour identifier plusieurs types de pollution, comme la pollution organique, métallique, de même que pour détecter une acidification du milieu.

Certain groupes comme les Epheméroptères sont plus sensibles aux polluants. Ils ont besoin d'une eau bien oxygénée et peu polluée à une température assez fraîche (**Boudour & Habiles, 2017**).

Les macroinvertébrés représentent donc l'outil le plus pertinent pour mettre en évidence une pollution aigue.

6. Les pesticides :

Plusieurs organismes nuisibles ont une incidence néfaste sur nos vies quotidiennes. Les maladies, les insectes et plantes nuisibles s'attaquent aux cultures, aux forêts et aux plantes d'ornement... Depuis la Grèce antique, des pesticides ont été mis au point comme un moyen de lutte qui a contribué, dans un sens, à l'amélioration de la santé publique, cela en éradiquant ou en limitant la propagation des maladies parasitaires très meurtrières et en garantissant une meilleure production alimentaire (**Gagaoua, 2012**).

Un pesticide est une substance chimique utilisée pour tuer, repousser ou contrôler les organismes considérés comme nuisibles, tels que les insectes, les mauvaises herbes, les champignons, les bactéries et les animaux. Les pesticides peuvent-être utilisés pour protéger les cultures agricoles, les forêts, les espaces verts, les jardins, les maisons et les bâtiments contre les infestations. Ils regroupent plusieurs sous-catégories de produits, utilisés pour différents usages, telle que : les herbicides, les fongicides, les insecticides et les biocides divers.

On distingue aussi parfois différents types de pesticides, en fonction de leur origine. On parle ainsi des pesticides dits « d'origine naturelle », et des pesticides de synthèse. Ceux d'origine naturelle sont généralement autorisés et utilisés dans l'agriculture biologique, tandis que les pesticides de synthèse sont, eux, interdits en agriculture biologique mais utilisés en agriculture dite conventionnelle.

Dans le fond, qu'ils soient de synthèse ou d'origine naturelle, les pesticides restent des produits risqués qu'il faut manipuler avec précaution car ils peuvent avoir des conséquences sanitaires et écologiques majeures.

7. Impact des pesticides sur les écosystèmes aquatiques :

Les pesticides, en raison de leur utilisation répandue dans l'agriculture et l'industrie, ont un impact significatif sur les écosystèmes aquatiques. Cet impact est vaste et varié, affectant directement les organismes, perturbant les processus écologiques, et réduisant la biodiversité. La gestion et la régulation des pesticides doivent prendre en compte ces effets pour protéger les écosystèmes aquatiques et maintenir leur santé à long terme.

Toxicité directe pour organismes aquatiques : Les pesticides peuvent être hautement toxiques pour les poissons, les crustacés, les insectes aquatiques et les algues. Par exemple, les insecticides néonicotinoïdes sont connus pour leur toxicité envers les invertébrés aquatiques, réduisant leurs populations et affectant la chaîne alimentaire. (Morrissey *et al.*, 2015)

Perturbation des processus écologiques : Les pesticides peuvent altérer les processus écologiques tels que la photosynthèse, la décomposition des matières organiques et les cycles des nutriments. Par exemple, certains herbicides inhibent la photosynthèse des algues et des plantes aquatiques, réduisant la production primaire. (Schulz, 2004)

Bioaccumulation et bio magnification : Les pesticides peuvent s'accumuler dans les organismes aquatiques et biomagnifier le long de la chaîne alimentaire, atteignant des concentrations dangereuses pour les prédateurs supérieurs, y compris les oiseaux piscivores et les mammifères. (Blais *et al.*, 2003).

Altération des communautés et de la biodiversité : Les changements dans la structure des communautés aquatiques, dus à la mortalité ou au stress des espèces sensibles aux pesticides, peuvent réduire la biodiversité et modifier les interactions trophiques, perturbant l'équilibre écologique (Liess & Von der, 2005).

8. L'Acétamipride :

8.1. Définition :

L'Acétamipride est un insecticide appartenant à la famille des Néonicotinoïdes. De formule moléculaire C₁₀ H₁₁ Cl N₄, il est un nouvel insecticide structurellement proche des autres

insecticides nicotinoïdes originaires de l'imidaclopride qui a été mis sur le marché depuis 1992 (Mikiko *et al.*, 2012). C'est une molécule découlant de la nicotine, importante dans la protection globale des cultures en raison de son large spectre d'efficacité, de son systémique, de son action translaminaire, de son activité résiduelle et de son mode d'action unique (Hebert *et al.*, 2012). Ce qui fait de lui l'insecticide le plus utilisé à travers le monde.

Ce composé est aussi largement utilisé pour le contrôle des ravageurs agricoles par pulvérisation et dans le traitement des semences (Tjeerd *et al.*, 2012). Ainsi, il est utilisé dans la culture cotonnière béninoise pour lutter contre les ravageurs. Des études ont montré que l'Acétamipride est un composé mobile, rapidement biodégradable dans le sol (Tjeerd *et al.*, 2012). L'Acétamipride fut synthétisé en 1989 et mis sur le marché en 1995 pour un usage en application foliaire. L'Acétamipride présente une structure chimique différente de l'imidaclopride, le premier néonicotinoïde commercialisé. En effet, L'Acétamipride est un composé à chaîne ouverte avec un pharmacophore cyano-amidine alors que l'imidaclopride, est un composé à cycle de 5 éléments avec un pharmacophore nitrométhylène. Ces différences de structure entre les néonicotinoïdes modulent l'action agoniste de ces molécules (Bodereau, 2011).

8.2. Propriétés d'Acétamipride :

L'Acétamipride est un pesticide inodore-organochloré largement utilisé en Algérie. Il est destiné à lutter contre les insectes suceurs qui touchent les plantes et les végétaux. Il est utilisé dans l'agriculture des agrumes, dans la vigne et dans l'agriculture de coton et des plantes ornementales. Il est aussi essentiel dans la lutte contre la larve de mouche qui touche les cerisiers (Sahraoui *et al.*, 2017). Les préparations commerciales se présentent sous forme de concentrés solubles (5, 10, 20, 50, 75 ou 95% de substance active), poudres mouillables ou granulés dispersibles dans l'eau. Dans certaines formulations liquides, l'insecticide est en solution dans un solvant organique (Couteux & Lejeune, 2012; Testud, 2014).

8.3. Caractéristiques physico-chimiques :

L'Acétamipride ou (E)-N 1 -[(6-chloro-3-pyridyl) methyl]-N 2 -cyano-N 1 -methyl est soluble dans l'eau mais n'est pas volatile selon ses propriétés physicochimiques. Il est également soluble dans les solvants organiques. Le coefficient de partage octanol/eau indique que l'Acétamipride ne se lie pas fortement à la matière organique et a donc peu de potentiel de bioaccumulation. Il n'est pas persistant dans le sol et est stable à pH compris entre 4 et 7 (Aïnaet *et al.*, 2015).

Chapitre II

Matériel et méthodes

2. Présentation de la zone d'étude :

Les zones humides de la Numidie algérienne sont d'une grande valeur pour la biodiversité. (Samraoui & De belair, 1998; Metallaoui & Houhamdi, 2008). La Numidie située dans le Nord-Est algérien est divisée en deux grands complexes séparés par l'Oued Seybouse: la Numidie orientale composée des complexes d'Annaba et d'El Kala et la Numidie occidentale représentée par le complexe de zone humides de la plaine de Guerbes-Sanhadja. (Houhamdi & Samraoui, 2001).

Le complexe Guerbes -Sanhadja est une grande plaine littorale limité à l'Ouest par les collines côtières de Skikda et à l'Est par le massif forestier côtier de Chetaibi. Les altitudes de la zone se situent entre 0 est 200 mètre. 48,5 % des terres ont une pente inférieure ou égale à 3 % et le reste à 12,5 %.

Le massif dunaire continental de la plaine de Guerbes-Sanhadja est le réservoir hydrique d'environ 40 hectomètres cubes qui génère une multitude de dépressions et de vallées formant lacs et marais (Garaat) de quelques hectares de superficie à plusieurs dizaines d'hectares. (Joleaud, 1936; Atoussi, 2008).

Le caractère remarquable de la flore et de la faune de cette région a pour origine : la diversité géomorphologique et son emplacement en un carrefour bioclimatique, entraînant une richesse élevée de la biodiversité (Atoussi, 2008).

Le complexe de zones humides de la région de Guerbes-Sanhadja (longitude : de 7°8' E à 7° 25' E et latitude : de 36° 46' N à 37° N) est un site Ramsar (il réponds à cinq des huit critères fixés par la convention de Ramsar) qui se situe au Nord-Est de l'Algérie, avec une superficie de 42100 hectares il est délimité par le massif forestier côtière de Chetaibi à l'Est et par les collines côtières de la ville de Skikda à l'Ouest. Sur le plan administratif et juridique, ce complexe est sous l'autorité de la wilaya de Skikda, la Daïra de Ben-Azouz et la commune de Ben-Azouz. Concernant l'organisme de gestion le complexe est gérer par la direction de conservation des forêts de la wilaya de Skikda. (Boumezbeur, 2001).

2.1. Description du site d'étude lac «Garaat - Zaouia » :

Le choix du lac **Garaat - Zaouia** (Ex maison cantonnière), comme site d'étude revient à son importance écologique, sa biodiversité et sa richesse en écosystème, faisant de lui une zone humide d'importance nationale et internationale ; d'où son classement en réserve naturelle.

Notre choix s'est focalisé sur l'étude de l'état actuel de la qualité des eaux du lac et l'identification de la faune macrobenthique et son impact environnemental. Concernant Les stations qui ont été retenues selon les critères d'accessibilité à l'eau, leur éloignement des habitations, pour éviter les rejets des eaux souillées par l'usage.

Garaat - Zaouia [36°52 'N ,7°22'30" E] est un Lac d'eau douce généralement remplie toute l'année, de superficie environ 08 hectares située à l'Est de la Wilaya de Skikda au Sud de la route Ben Azouz-Oued El- Aneb dans une dépression, il est alimentée par un ruisseau qui coule dans la même direction. Trente-cinq espèces de plantes ont été enregistrées dans ce lac entouré par un pré humide.

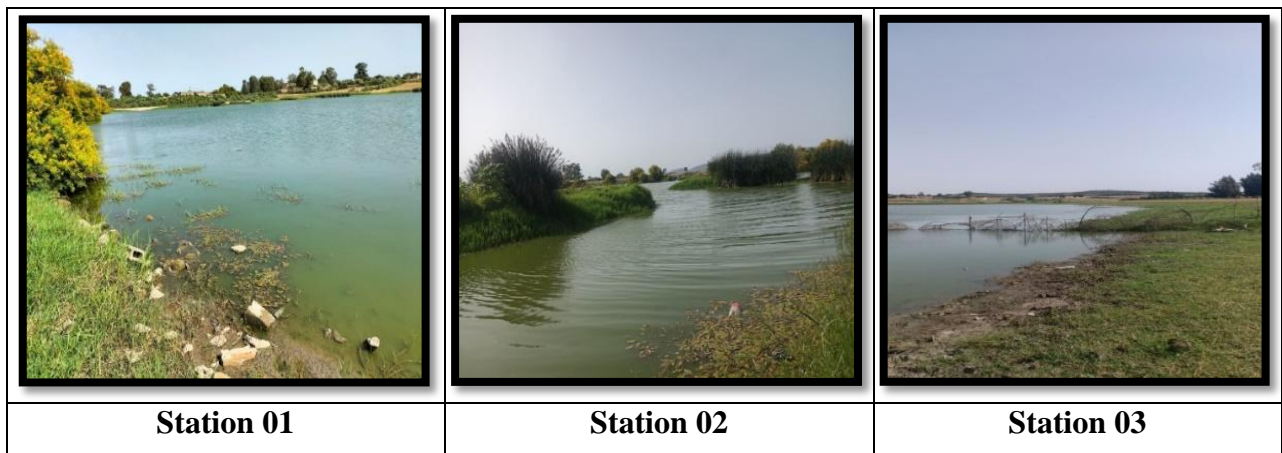
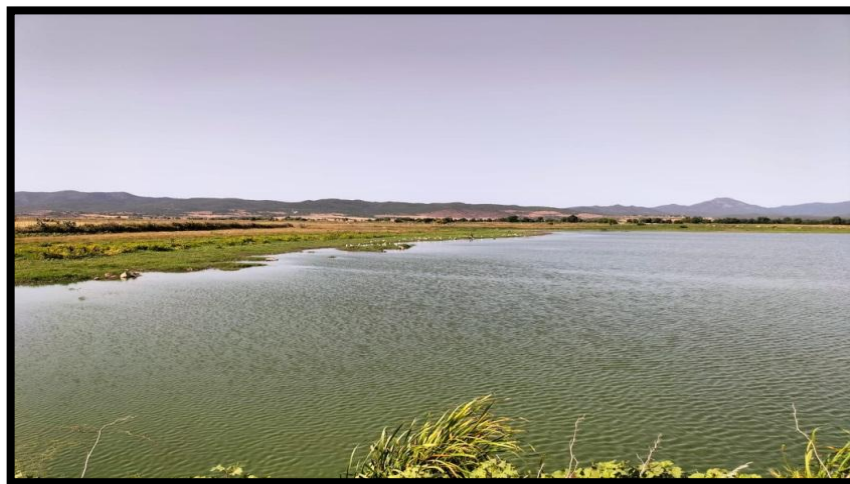
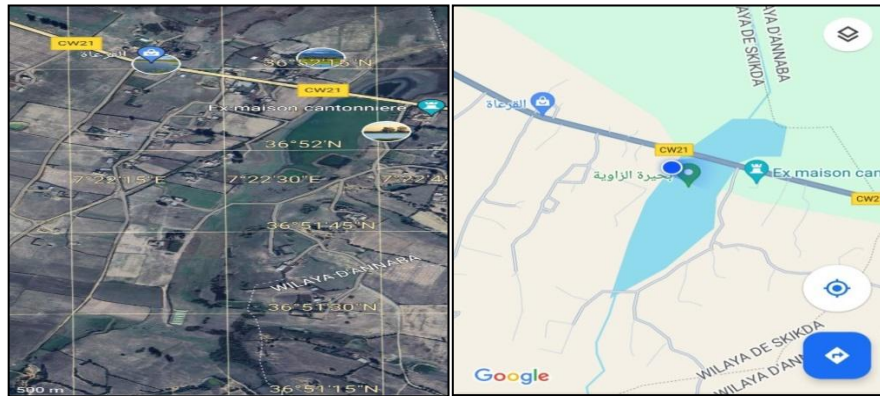


Figure 01 : Localisation géographique du site d'étude, présentation des stations de Garaat- Zaouia.
(Photos personnelles)

2.1.2. Le réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique se définit comme l'ensemble des cours d'eau naturels permanents ou temporaires, par lesquels s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et convergent vers un seul point de vidange du bassin versant.

Garaat- Zaouia est un réservoir permanent d'eau douce, il a une superficie totale de plus de huit hectares. Les eaux de ce lac proviennent des précipitations, du ruissellement et des eaux souterraines grâce à l'affleurement de la nappe phréatique qui sont à l'origine de la formation du marais de **Garaat- Zaouia**. L'hydraulique des systèmes lacustres dépend étroitement du climat local, des apports entre le bassin versant et le lac et en fin de la morphologie de la cuvette lacustre.

2.2. Donnée Climatologique :

L'étude des caractéristiques climatologiques jouent un rôle primordial dans la connaissance des comportements des cours d'eaux, les variations des réserves, la compréhension des mécanismes d'alimentation et circulation des eaux naturelles (**Boutouga, 2012**).

La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par deux saisons distinctes : l'une humide marquée par une forte pluviosité et par de faibles températures ; l'autre, sèche et chaude, avec de fortes températures atteignant le maximum au mois d'août (**Bouchlaghem, 2008**).

2.2.1. Température :

La température représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Bencharif, 2010**).

Tableau n°1 : Variation mensuelles de Température de la région.

Mois	Février	Mars	Avril	Mai
Température °C	14,5	18,5	20,5	13,3

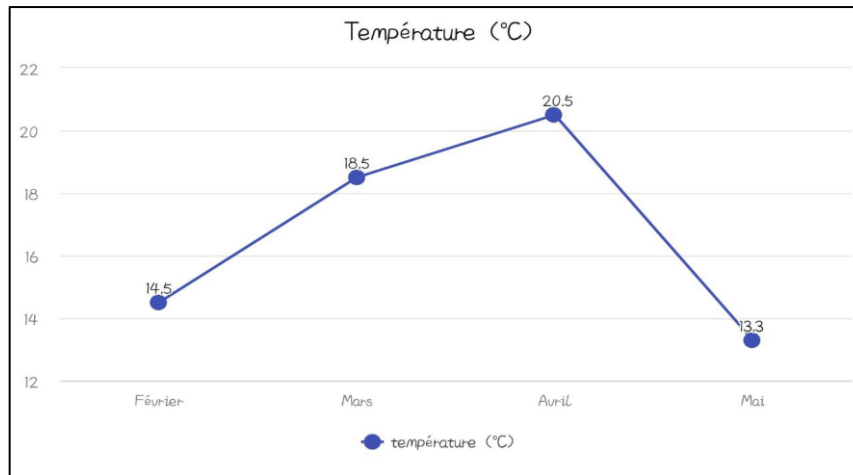


Figure 02 : Variation mensuelles de la température de la zone d'étude.

2.2.2. Les précipitations :

La pluviosité est un facteur très important qui détermine par sa durée de chute et son intensité. Elle est caractérisée par répartition inégale d'un point à un autre et d'une saison à une autre (Haouchine, 2011).

Tableau n°2 : Variation mensuelles de précipitations de la région.

Mois	Février	Mars	Avril	Mai
Précipitation (mm)	1	0	0	1

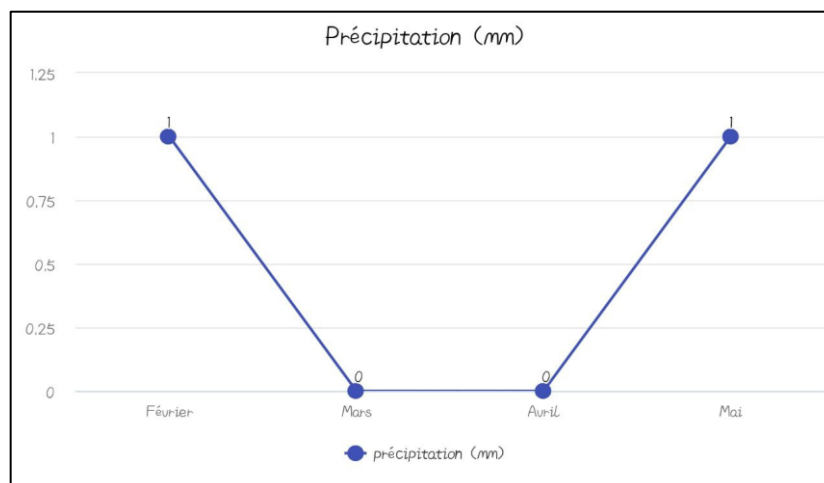


Figure 03 : Variation mensuelles des précipitations de la zone d'étude.

2.2.3. L'humidité :

La forte humidité de la région est causée par la forte évaporation de nombreuses zones humides et la proximité des barrages. Elle est invariable au cours de l'année. La région de Sanhadja de par la proximité de la mer se caractérise par des taux d'humidité relativement important durant toute l'année avec un maximum observé en janvier et mai [75%] et en minimum en juillet et octobre [72%]. (Houmeur & Bendada, 2016).

Tableau n°3 : Variation mensuelles de l'humidité de la région

Mois	Février	Mars	Avril	Mai
Humidité %	72,5	65,5	56	79

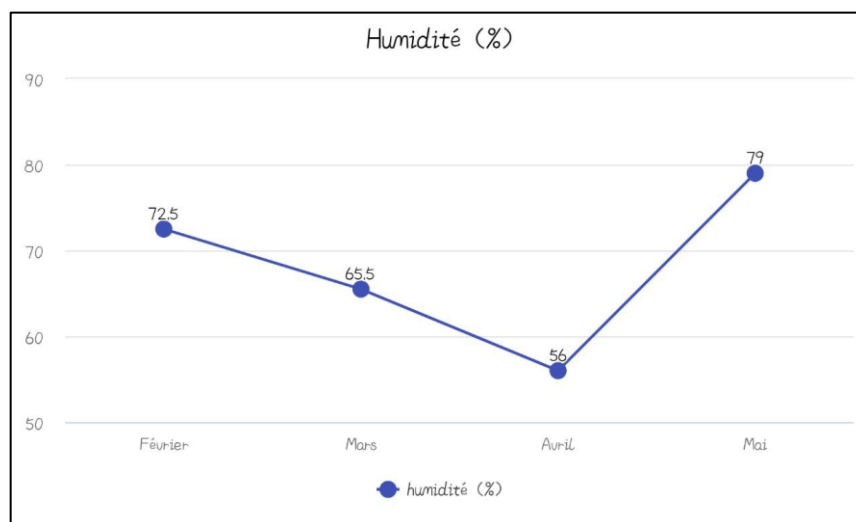


Figure 04 : Variation mensuelles de l'humidité de la zone d'étude

2.2.4. Le vent :

Ils représentent l'un des facteurs les plus déterminants du régime pluvieux, de l'évaporation et par conséquent du climat. Sur la région Sanhadja dominant des vents de direction Nord-ouest dont la force est assez constante, au cours de l'année et oscillent entre 2,64 et 3,45 m/s. Le Sirocco se manifeste particulièrement aux mois de juillet et août mais de manière épisodiques.

Comme toutes les régions méditerranéennes du sud, le vent le plus dominant est celui du Nord-ouest et du Sud-est. Il s'agit d'un vent chargé en humidité.

Tableau n°4 : Variation mensuelles du vent de la région

Mois	Février	Mars	Avril	Mai
Vent km/h	18,5	5,5	9,5	15

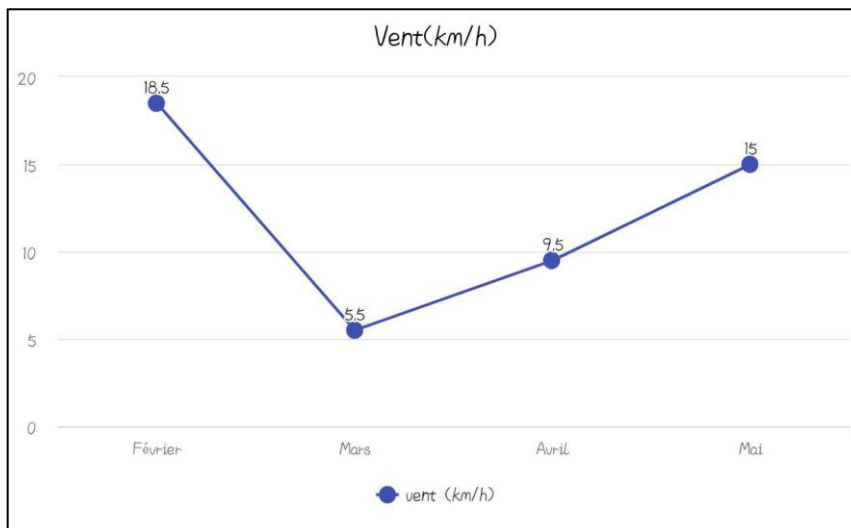


Figure 05 : Variation mensuelles du vent de la zone d'étude.

2.3. Méthodes de prélèvement :

L'échantillonnage de l'eau a été effectué dans trois stations dans une période qui s'étend du mois de Février jusqu'au mois de Mai 2024 avec une fréquence de deux visites par mois et le tableau 5 résume les sorties consacrées au prélèvement.

Tableau 5 : Calendrier d'échantillonnage.

Station de prélèvement	Caractéristiques	Date et heure de prélèvement
Station 1 (S1)	Point d'échantillonnage proche d'une zone de déversement domestique (eaux usées, ... etc.).	10-24/02/2024 à 10h00 03-23/03/2024 à 10h00 09-25/04/2024 à 10h00 11/05/2024 à 10 h00
Station 2 (S2)	Point d'échantillonnage au niveau d'une zone non polluée.	10-24/02/2024 à 11h00 03-23/03/2024 à 11h00 09-25/04/2024 à 11h00 11/05/2024 à 11h00
Station3 (S3)	Point d'échantillonnage fréquenté par les bovidés durant toute la journée.	10-24/02/2024 à 12h00 03-23/03/2024 à 12h00 09-25/04/2024 à 12h00 11/05/2024 à 12h00

2.3.1. Matériel de prélèvement :

- Epuisettes pour la collecte des échantillons.
- Des bouteilles en plastiques.
- Etiquettes
- Les gants.
- Du formol 10% pour la conservation des échantillons.
- Thermomètre.



Figure 06 : Matériel de prélèvement. (Photo personnelle)

2.3.2. Technique de prélèvement et conservation des échantillons d'eau :

Les flacons stériles sont plongés à une distance qui varie de 25 à 30 cm de la surface assez loin des bords, ainsi que des obstacles naturels ou artificiels (**Rodier et al., 1996**).

Le prélèvement a été effectué manuellement au niveau de la colonne d'eaux sur des points de prélèvement fixes. L'eau est remplie dans des bouteilles en plastiques (1.5litre), rincées au moment de l'emploi avec l'eau à examiner, les bouteilles sont ouvertes sous l'eau, goulot dirigé à contre-courant, le bouchon est également placé sous l'eau de telle façon qu'il n'y est aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport. (**Rodier et al., 1996**). En suite les échantillons sont conservées, étiquetées (Date & Station) et transportée dans une glacière (4°C) jusqu'au moment de l'analyse.

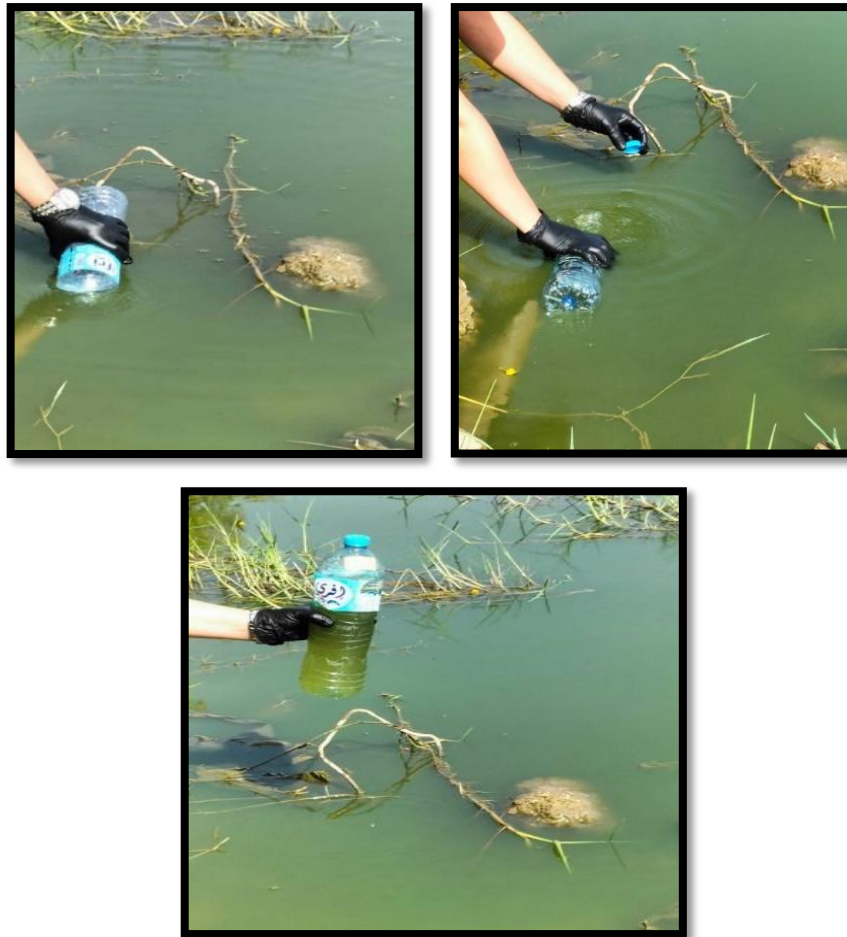


Figure 07 : Technique de prélèvement (photos personnelles).

2.3.3. Technique de prélèvement des macros invertébrées aquatiques :

L'échantillonnage a été réalisé le mois de Mai dans les trois stations avec des épuisettes en effectuant dix coups de filets dans le fond de l'eau dans les parties à forte végétations aquatique (berges et milieu). En répétant la même méthode dans chaque station jusqu'à la prise d'un nombre représentatif de la diversité de la région. Les flacons d'échantillonnages doivent être rincés trois fois avec l'eau à analyser, et fermé hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon (**Rodier et al., 2009**). Le contenu de filet est vidé dans une cuvette contenant de l'eau claire, les gros débris (roches, bâtons et feuilles) sont éliminés et jetés, et on préserve que les macros invertébrées collectés. On filtre l'eau qui contient les échantillons, puis transférer ce dernier dans les flacons qui contient le formol 10% pour fixer et conserver la couleur de l'échantillon (**Fotomenbohan et al., 2010**). Les flacons doivent être étiquetés (Date & Station) en suite transportés au laboratoire dans une glacière.

2.3.4. Identification systématique de la faune macro-benthique :

L'identification systématique a été déterminée selon les clés dichotomiques appropriées : les Cladocères selon **Perrier, (1979)** les Hétéroptères selon **Poisson, (1957)**. Les Coléoptères selon les clés de **Picard, (1929)** et **Rose, (1933)**. Aussi le site de Perla.

3. Les analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau :

L'ensemble de nos analyses ont été réalisé au niveau de différents laboratoires de sonatrach : le laboratoire de **complexe condensat RA2K**, le laboratoire de **complexe GL1/K**, aussi une partie de ces analyses ont été effectués au niveau de **laboratoire central ADE**.

Le **complexe de condensat RA2K** est situé dans l'enceinte de la zone industrielle de Skikda à l'est de la ville en dehors de tissu urbain, dans le périmètre de l'ancien aéroport Il s'étend sur une superficie de 45 hectares et comprend les unités de production ; les différentes utilités, les zones de réception de la matière première, de stockage, de transfert des produits finis, construit en 2008.

Le **complexe GNL1/K** est situé au Nord-ouest de la zone industrielle. Réalisé entre 1972 et 1977, s'étend sur près de 98ha. Distant de 2 kilomètres par rapport aux habitations les plus proches. Reçoit par pipes de 40 pouces et 580 km du GN du gisement de Hassi R'mel, sa capacité annuelle de production est de 6 millions de m de GNL et celle de stockage est de 308 000 m³.

Le **laboratoire central ADE** se situe à 6Km du chef-lieu de la willaya de Skikda, il occupe l'ex siège CONDOTTE entreprise réalisatrice du projet adduction et ouvrage de stockage de l'eau dessalée qui se trouve à ZERAMNA. L'activité de laboratoire central repose sur la réalisation de 02 types d'analyses : Les analyses physico-chimiques et les analyses bactériologiques Volume distribué pour la ville de Skikda est de moyenne 32.450.00m³/ans.

3.1. Potentiel hydrogène (pH), Conductivité électrique et Total des solides dissous (TDS) :

-La mesure du pH, Conductivité et TDS est effectuée à l'aide d'un pH-conductimètre de paillasse (**HACH**).

➤ Mode opératoire :

- Laver soigneusement l'électrode avec l'eau distillée.
- Plonger l'électrode dans l'échantillon a analysé.
- La lecture est faite après stabilisation, les trois valeurs sont affichées.

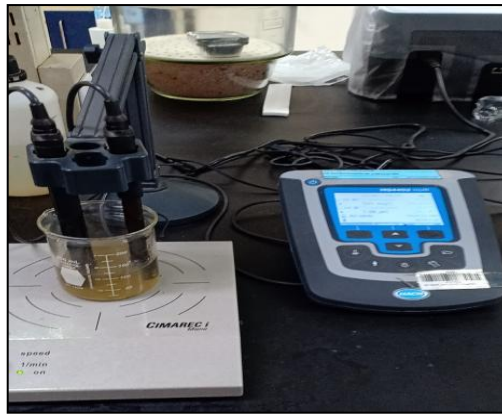


Figure 8 : appareil pH-conductimètre. (Photo personnelle)

3.2. Les matières en suspension (MES) :

La mesure de MES permet d'apprécier la charge solide en suspension d'une eau naturelle ou résiduaire.

➤ **Mode opératoire :**

- Agiter 500 ml d'échantillon dans un agitateur magnétique à grande vitesse durant 2 minutes.
- Verser immédiatement 10 ml d'échantillon agité dans une cuve carrée.
- Pour faire la lecture, régler le spectrophotomètre à zéro avec l'eau distillé.
- Le résultat est en mg/l.

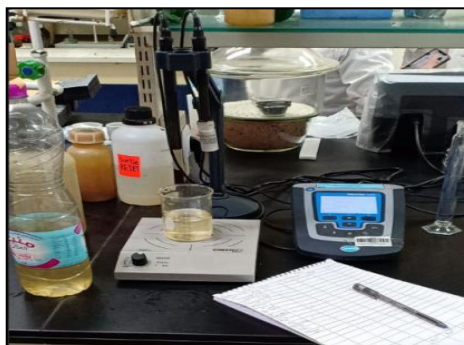


Figure 9 : Photographie de l'agitateur magnétique. (Photo personnelle)

3.3. La Turbidité :

La mesure de la turbidité est effectuée à l'aide d'un turbidimètre.

➤ **Mode opératoire :**

- Remplir la cellule avec l'échantillon jusqu' au trait de jauge d'une façon à éviter la formation des bulles d'air.
- Fermer la cellule et la placer dans le turbidimètre.

- lire la valeur affichée sur l'écran et les résultats sont exprimés en NTU (unité de turbidité néphélémétrie).



Figure 10 : Photographie du Turbidimètre. (Photo personnelle)

3.4. Détermination de la dureté totale (TH) Norme ASTM D1126:

Le titre hydrométrique total (THT) indique globalement la teneur en sels de Calcium (Ca^{+2}) et de magnésium (Mg^{+2}).

➤ Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'échantillon dans une fiole de 300 ml.
- Ajouter 2 ml de la solution tampon.
- Ajouter une pincée de l'indicateur noir d'urochrome (net).
- En présence de la dureté la solution se colore en rouge cerise.
- Titrer avec la solution d'EDTA à 0.01 m jusqu'à l'obtention d'une couleur bleu.

➤ Calcul :

-TH en ppm de $\text{CaCO}_3 = V(\text{EDTA}) \times 10$.



Figure 11 : Photographie du Dosage (TH). (Photos personnelles)

3.5. Détermination du (TA) /(TAC) Norme ASTM D1067 :

- Le titre alcalimétrique(TA) correspond mesure la teneur en alcalins libre OH^- et en carbonate CO_3^{2-} .

-Le titre alcalimétrique complet(TAC), égale à la somme d' OH^- , CO_3^{2-} et HCO_3^-

➤ Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'échantillon dans une fiole de 300 ml.

- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphthaléine, en présence de l'alcalinité (TA).

- on obtient une Couleur rose pale.

- titrer avec l'acide sulfurique (H_2SO_4) à 0.02 n jusqu'a la disparition de la couleur rose et noter le volume (VA).

- A la même solution précédente, ajouter 2 à 3 gouttes de l'indicateur méthyle orange.

- Titrer avec l'acide sulfurique (H_2SO_4) à 0.02 n jusqu'au virage au rose pale (VB).

➤ Calcul

TAC en ppm de $\text{CaCO}_3 = V = 10 \text{ mg/l}$ et $V = \text{VA} + \text{VB}$

$\text{TAC} = (V_A + V_B) * 10$ en mg/l.

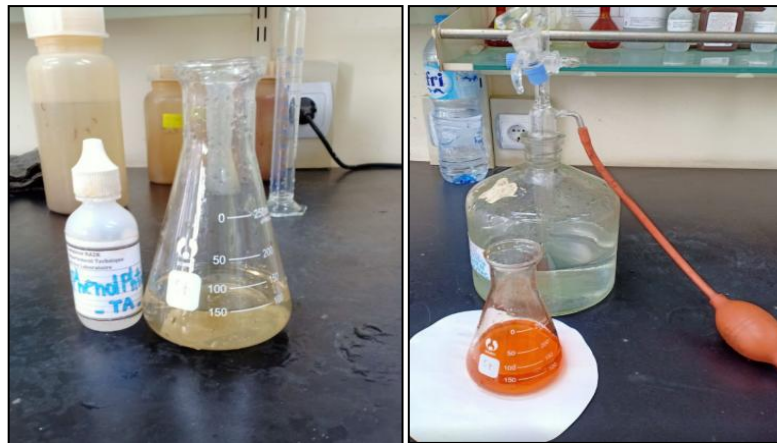


Figure 12 : Photographie du Dosage (TA)/(TAC). (Photos personnelles)

3.6. Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+}) (Norme ASTM D11):

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse d'EDTA à pH compris entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE. L'EDTA réagit d'abord avec les ions calcium libres, puis avec les ions calcium combiné avec l'indicateur coloré.

➤ **Mode opératoire :**

- Prendre 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 2 ml de la solution de NaOH 1N.
- Agiter et ajouter une pincée de L'indicateur MUREXIDE (couleur rose foncée).
- Titrer avec EDTA 0.01 N jusqu'au virage mauve clair.

➤ Calcul : Mg^{2+} en ppm de $CaCO_3 = TH - Ca^{2+}$



-**Figure 13** : Photographie du Dosage (Ca^{2+}). (Photos personnelles)

3.7. Détermination de chlorure (Cl^-) :

-Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en Présence de chromate de potassium.

➤ **Mode opératoire :**

- Prendre 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 02 gouttes de Chromate de Potassium.
- Titrer avec la solution de Nitrate d' Argent ($AgNO_3$) à 0.02 N.
- Jusqu'au virage du jaune au rouge brique. Plus la coloration est foncée, plus le taux de chlorure est élevé.

➤ Calcul :

$$Cl^- \text{ (ppm)} = (V - \text{blanc}) * 7.1$$

$$\text{Blanc} = 0,3$$



Figure 14 : Photographie du Dosage (Cl^-). (Photo personnelle)

3.8. Détermination de la demande biochimique en oxygéné DBO5:

La mesure de cette demande en Oxygène permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables, donc son degré de pollution ou sa qualité.

➤ **Mode opératoire :**

- Prendre une prise d'échantillon 428ml.
- Mettre l'échantillon dans des flacons bien propres de l'appareil OXITOP contenant un agitateur magnétique.
- On ajoute dans chaque flacon dix gouttes de la nitrification inhibiteur ensuite quatre gouttes du potassium hydroxyde.
- Fermer les flacons avec des oxytop et les mettre dans l'enceinte à 20°C et laisser agiter pendant 5 jours.
- Pour une prise d'échantillon, le système de mesure OXITOP donne directement la teneur en oxygène (après 5 jours)/ DBO5 en mgd'O2/l.

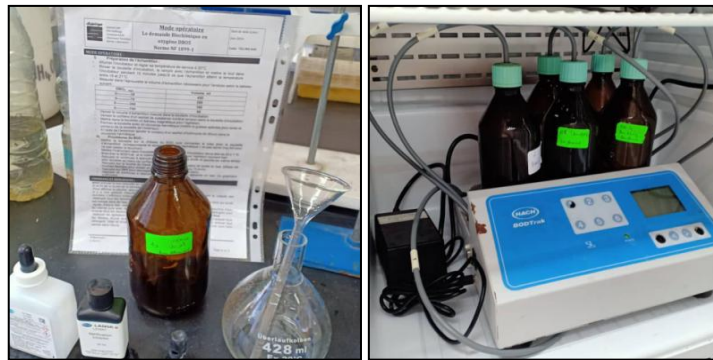


Figure15 : Photographie du Dosage DBO5. (Photos personnelles)

3.9. Dosage de nitrates (NO_3^-) :

➤ **Mode opératoire :**

- On remplit une éprouvette graduée de 25 ml jusqu'au trait de 15 ml avec échantillon.
- On ajoute un contenu d'un sachet de réactifs (nitriver 6) dans l'éprouvette
- après 3 minutes On agite énergiquement l'éprouvette 3 minutes.
- Une seconde période de réaction va commencer 2 minutes.
- En suite-on transfert 10 ml d'échantillon dans une cuve carrée
- On ajoute le contenu de réactif (nitriver3) dans la cuve on la ferme attendre 30 secondes de réaction on agite la cuve après 30 secondes une coloration rose apparaitre en présence de nitrate.
- On fait la lecture après 15 minutes au spectromètre.



Figure 16 : Photographie du Dosage NO_3^- . (Photo personnelle)

3.10. Dosage de nitrites (NO_2^-):

➤ Mode opératoire :

- On met 10ml d'échantillon dans une cuve 10 ml d'échantillon.
- On ajoute un contenu d'un sachet de réactifs (poudre de nitrifier 3 nitrite).
- Bien agiter, On règle le spectromètre à zéro et on fait la lecture après 20 minutes de stabilisation.

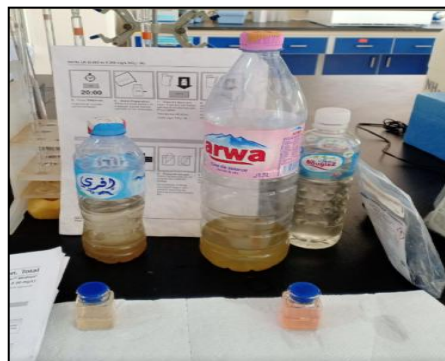


Figure 17 : Photographie du Dosage NO_2^- . (Photo personnelle)

3.11. Dosage du sulfate (SO_4^{2-}) :

- On met 10ml d'échantillon dans une cuve.
- On règle le spectromètre à zéro avec le blanc.
- On ajoute un contenu d'un sachet de réactifs (poudre de sulfaver4).
- Bien agiter On fait la lecture après 5 minutes de stabilisation.

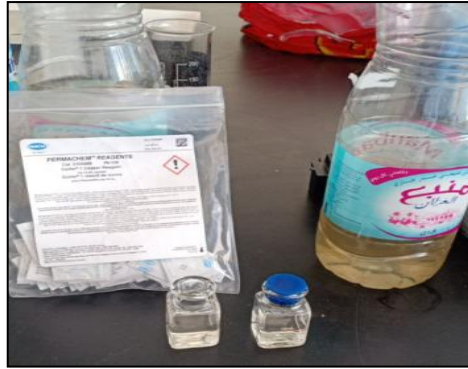


Figure 18 : Photographie du Dosage SO_4^{2-} . (Photo personnelle)

3.12. Les analyses des métaux lourds :

- Dosage du fer (Fe^{+2}) / cuivre (Cu^{+2}) / Chrome (Cr^{+6}) :

➤ Mode opératoire :

- On met 10ml d'échantillon dans une cuve.
- On règle le spectromètre à zéro.
- On ajoute un contenu d'un sachet de réactifs (poudre de feriron - cuver1- Cromever6).
- Bien agiter On fait la lecture après quelque minutes de stabilisation.

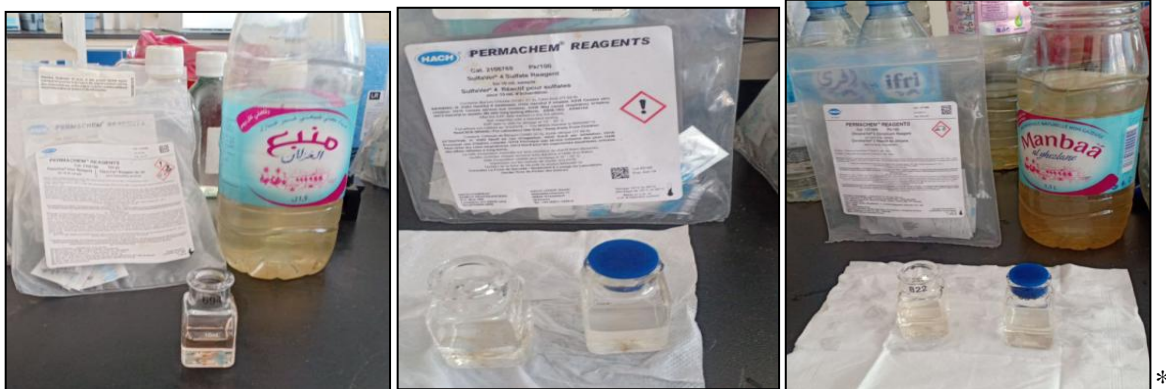


Figure 19 : Photographie du Dosage de Fe^{+2} / Cu^{+2} / Cr^{+6} . (Photos personnelles)

-Dosage de zinc(Zn) :

➤ Mode opératoire :

- On met 20ml d'échantillon dans une éprouvette.
- On ajoute un contenu d'un sachet de réactifs (poudre de zincover5)
- Mélanger bien le contenu de l'éprouvette.
- On prend 10ml du mélange et le met dans une cuve carrée.

- Cette étape se déroulera dans la HOTE.
- On ajoute avec une pipette en plastique 0.5ml de cyclohexanone à l'échantillon.
- On attend 30 seconds de stabilisation sans agitation en règle à zéro.
- On fait la lecture après 3 minutes dans le spectro.

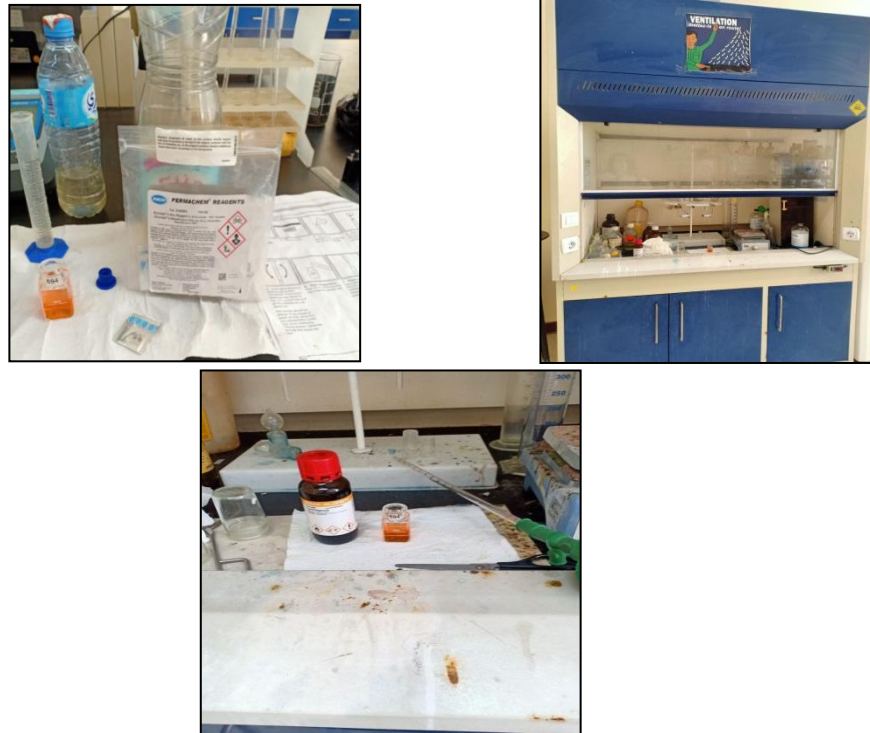


Figure 20 : Photographie du Dosage du zinc. (Photos personnelles)

-Dosage d'aluminium (Al^{+3}) :

➤ **Mode opératoire :**

- On met 50ml d'échantillon dans une éprouvette.
- On ajoute un contenu d'un sachet de réactif (poudre d'acide ascorbique).
- Mélanger bien le contenu de l'éprouvette.
- On ajoute un contenu d'un sachet de réactif d'aluminium (AluVer 3).
- En présence d'aluminium la solution se colore en orange rouge.
- Mélanger bien le contenu de l'éprouvette une minute.
- On prend 10ml du mélange et le met dans une cuve carrée pour préparer notre blanc.
- On ajoute un contenu d'un sachet de réactif (poudre de bleaching3)
- Bien agiter, On fait la lecture après 15 minutes de stabilisation.



Figure 21 : Photographie du Dosage d'aluminium. (Photo personnelle)

4. Le pesticide :

L'insecticide utilisé dans notre travail est l'Acétamipride sous le nom commercial « PICADOR ». Ce dernier contient 20 % d'Acétamipride, soit 200 g/L de matière active (m.a.).

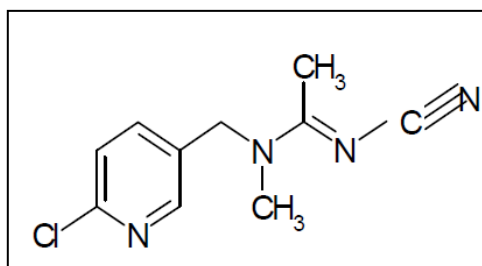


Figure 22 : L'insecticide utilisé « PICADOR » (Acétamipride 20 % SL). (Photo personnelle)

Principales caractéristiques de l'Acétamipride (Testud, 2014) :

Formule chimique : C₁₀H₁₁ClN₄

Structure chimique :



Nomenclature chimique :

(E)-N-[(6-Chloro-3-pyridinyl) méthyl] -N'-cyano-N-méthyléthanimid.

Propriétés-physicochimique : Poudre blanche peu hydrosoluble (3 à 4 g/L selon pH) et non volatile, ou forme liquide hydrosoluble.

Persistance d'action : Demi-vie sur le sol comprise entre 1 et 8 jours.

Organes cibles : SNC ataxie et trémulations. Foie : hypertrophie Centro lobulaire.

5. Préparation des solutions :

5.1. Solution mère (Acétamipride)

La solution mère a été préparée par la dilution de 4 ml du produit dans 08 litre d'eau distillée à partir de laquelle on a préparé les deux concentrations a testées.



Figure 23 : la Solution mère (Acétamipride) (Photo personnelle)

5.2. Le test de toxicité :

Les tests de toxicité Conformément aux recommandations de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) des concentrations tests ont été réalisés avant d'entamer le test de toxicité. Les 2 concentrations de l'Acétamipride (CL50 :1,5 ml/l et CL90 :1,9 ml /l) préparées à partir du pesticide, les tests sont réalisés dans des boîtes contenant 100 ml de la solution, en plus de l'espèce (6 individus pour *Laccophilus sp*, 3 pour *Notonecta glauca* et 20 pour *Daphnia magna*) placé dans une boîte. Quatre répétitions sont effectuées pour les deux concentrations, ainsi pour le témoin, et le taux de mortalité est déterminé après 24h, 48h et 72h.

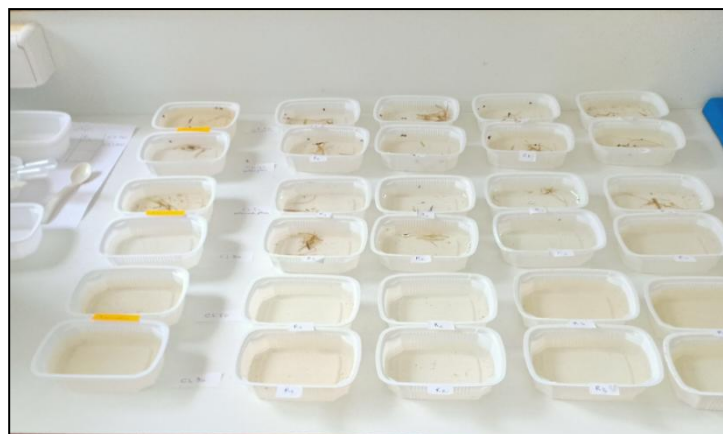


Figure 24 : Test de toxicité de Picador à l'égard de la faune non ciblé. (Photo personnelle)

6. Détermination du taux de mortalité :

La mortalité est évaluée à travers diverses analyses statistiques, étant donné que c'est le principal critère pour évaluer l'efficacité d'un traitement chimique ou biologique. Pour caractériser l'effet toxique de l'Acétamipride sur différentes espèces, le taux de mortalité observé est calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ de mortalité} = \frac{\text{Nombre des espèces mortes}}{\text{Nombre des espèces introduites}} \times 100$$

7. Analyse statistique

Tous les résultats sont présentés sous forme de moyennes et pourcentage. Toutes les analyses sont calculées par l'utilisation d'Excel 2017.

Chapitre III

Résultats et discussion

3. RESULTATS :

3.1. Systématique de la faune Macrobenthique :

L'identification systématique de la faune macrobenthique, collectée à partir des trois stations du Lac Garaat –Zaouia- effectué le mois de Mai se résumé dans le tableau (06). L'identification taxonomique des espèces a révélé la présence de trois classes, cinq ordres appartenant à huit familles divisées en onze taxons. Les résultats obtenus sont en accord avec ceux de (Bouddar, 2022) dans l'Oued El Abiod (Est Algérien) où les insectes représentent une bonne partie des macro-invertébrés benthiques, 5 familles présentes dont Corexidae, Pléiade et Dytiscidae sont des familles communes, et cette dernière famille comprend le genre *Hygrotus* qui est commun.

Tableau 06: Les espèces échantillonnées à partir du lac Garaat- Zaouia, identifiées systématiquement.

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce	
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Pleidae	<i>Plea</i>	<i>Plea mnutissima</i> (Leach, 1817)	
			Notonectidae	<i>Notonecta</i>	<i>Notonecta glauca</i> (Linnaeus, 1758)	
			Corixoidea	<i>Corixa</i>	<i>Corixa punctata</i> (Illiger, 1807)	
			Naucoridae	<i>Ilyocoris</i>	<i>Ilyocoris cimicoides</i> (Linnaeus, 1758)	
		<i>Naucoris</i>		<i>Naucoris maculatus</i> (Fabricius, 1798)		
		Coleoptera	Dytiscidae	<i>Laccophilus</i>	<i>Laccophilus sp</i> (Leach, 1815)	
				<i>Hygrotus</i>	<i>Hygrotus inaequalis</i> (Fabricius, 1777)	
				<i>Colymbetes</i>	<i>Colymbetes fuscus</i> (Linnaeus, 1758)	
		Diptera	Culicidae	<i>Culiseta</i>	<i>Culiseta longiariolata</i> (Macquart, 1838)	
		Copepoda	Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Cyclops</i>	<i>Cyclops fuscus</i> (Jurine, 1820)
		Branchiopoda	Diplostraca	Daphniidae	<i>Daphnia</i>	<i>Daphnia magna</i> (Straus, 1820)












				
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Cyclops fuscus</i> (Jurine, 1820)	<i>Corixa punctata</i> (Illiger, 1807)	<i>Naucoris maculatus</i> (Fabricius, 1798)	<i>Plea mnutissima</i> (Leach, 1817)
				
<i>Culiseta longiarolata</i> (Macquart, 1838)	<i>Notonecta glauca</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Laccophilus sp</i>	<i>Hygrotus inaequalis</i> (Fabricius, 1777)	<i>Daphnia magna</i> (Straus, 1820)
				
<i>Colymbetes fuscus</i> (Linnaeus, 1758)				

Figure 25 : Diverses espèces de macroinvertébrés collectés à partir du lac Garaat –Zaouia.

3.2. Analyse des paramètres physicochimiques

3.2.1. Spatiales :

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques obtenues du lac Garaat -Zaouia- selon les stations (spatiales) sont présentées dans le tableau (07).

Tableau 07 : Résultat des analyses physico-chimiques par station.

	Symbole	unités	Station 01	Station 02	Station 03	Normes
pH	pH		7,48	7,28	7,37	6.5-9.5
Conductivité	CON	µs/cm	566,75	602,75	550,25	2800
Résistivité	RES	(kΩ/cm)	1,9	1,7	1,8625	
TDS	TDS	(mg/l)	283,9	297,56	271,93	1400
Turbidité	TUR	(ntu)	74,40	120,87	80,19	2
Chlorure	Cl ⁻	(mg/l)	451,56	633,02	380,68	500
TA	TA	(°f)	<0,5	<0,5	<0,5	
TAC	TAC	(°f)	115,16	119,46	115,63	
THCa⁺²	TH	(°f)	9,43	12,10	12,29	50
THT	THT	(°f)	19,25	19,17	21,32	50
THMg⁺²	TH	(°f)	9,86	7,07	9,02	50
MES	MES	(g)	0,07	0,07	0,09	1.5
DBO₅	DBO ₅	(mg/l)	9,87	15	31,62	35
Fer	Fe ²⁺	(mg/l)	2,04	1,03	1,96	0.3
Chrome	Cr ³⁺	(mg/l)	0,24	0,13	0,11	0.5
Zinc	Zn ²⁺	(mg/l)	0,05	0,11	0,05	5
Cuivre	Cu ²⁺	(mg/l)	0,13	0,24	0,14	0.5
Nitrate	No ³⁻	(mg/l)	0,68	0,38	0,40	0.1
Nitrite	No ²⁻	(mg/l)	0,08	0,02	0,11	50
Aluminium	Al ³⁺	(mg/l)	0,07	0,06	0,05	0.2
Sulfate	So ₄ ²⁻	(mg/l)	20,62	16,25	18	40
Chlore libre	CL ²⁻	(mg/l)	0,36	0,43	0,36	

Nous avons effectué des analyses des paramètres physico-chimiques des eaux du lac Garaat- Zaouia de chaque station. L'altération de quelques paramètres (La turbidité, Fer, NO²⁻) au niveau des trois stations indique une pollution due probablement au rejet domestiques dérivant de la zone urbaine situé approximativement de la station 1 et au lessivage agricole provenant des terres agricoles ; ces résultats sont en accord avec ceux de **Mouissi & Alayat (2016)** révélant une pollution au niveau du lac Oubeira El Kala. Aussi en accord avec ceux de **Derwich et al., (2008)** au niveau du bassin versant de Sebou au Maroc.

3.2.2. Temporelles :

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques obtenues du lac Garaat - Zaouia-selon les mois (temporelles) de chaque paramètre sont présentées dans les histogrammes en dessous.

3.2.2.1. Le pH :

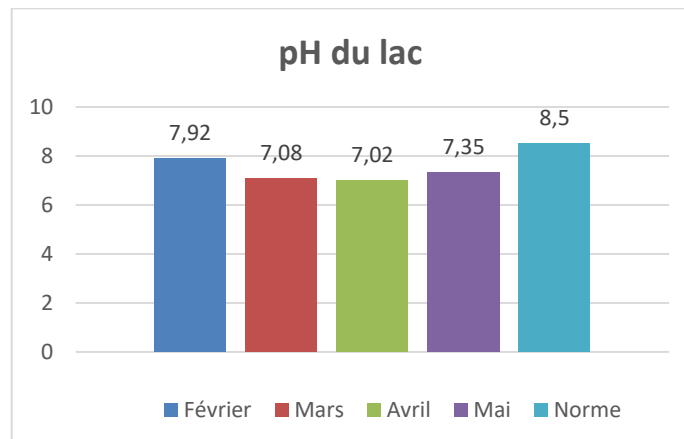


Figure 26 : Variation temporelle du pH de la zone d'étude.

Le pH pendant la période d'étude relève une augmentation au mois de Février et une baisse en avril pour augmenter une nouvelle fois en Mai ; mais cette variation ne dépasse pas les valeurs des normes. Nos résultats sont contraires à ceux de **Lahouibi et Rahmouni (2022)** qui dépassent la norme Algérienne et les recommandations de l'OMS.

3.2.2.2. La conductivité :

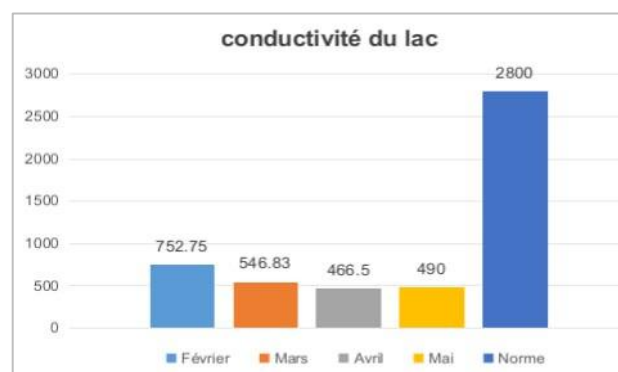


Figure 27 : Variation temporelle de la conductivité de la zone d'étude.

La valeur minimale de ce paramètre a été enregistré au mois d'Avril avec une valeur de 466.5 µs/cm, tandis que la valeur maximale a été mesurée mois de Février (770µs/cm), les valeurs obtenues ne dépassent pas la norme recommandée par l'OMS (2500 et 3000µs /cm). Ces variations des valeurs sont probablement dues à la position de notre site à proximité de la zone agricole et la zone urbaine d'où les effluents domestiques transportant beaucoup de minéraux conducteurs dissous dans les masses d'eau (**Khalik et al., 2013**).

3.2.2.3. La résistivité :

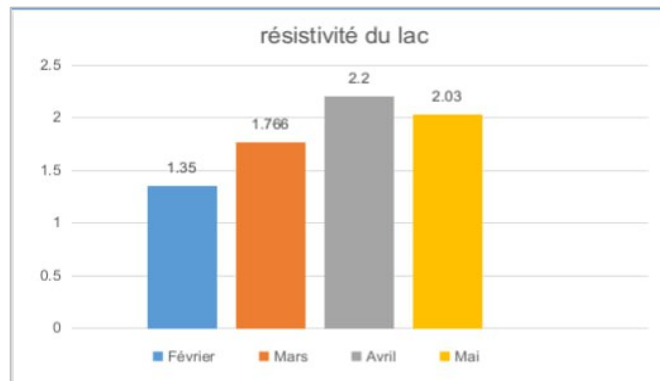


Figure 28 : Variation temporelle de la résistivité de la zone d'étude.

Les valeurs s'augmentent avec le temps du Février (1.35 kΩ/cm) au Avril (2.2 kΩ/cm) et une légère diminution le mois de Mai (2.03 kΩ/cm). Nos résultats sont similaires à ceux de de **Mouissi & Alayat (2016)**.

3.2.2.4. TDS :

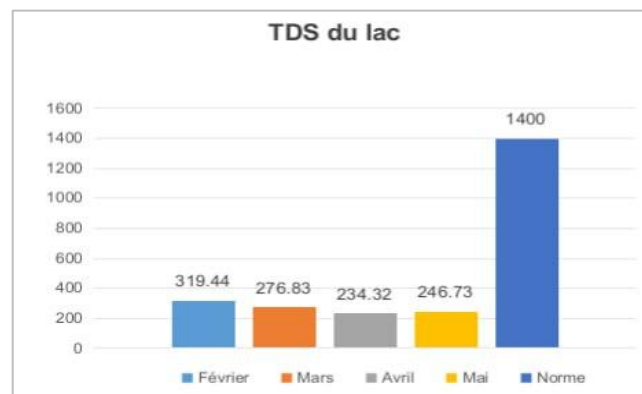


Figure 29 : Variation temporelle de la TDS de la zone d'étude.

Les valeurs de TDS varient en fonction du temps où la valeur maximale enregistrée est 319.44 mg/L le mois de Février et la valeur minimale est de 234.32 mg/L noté le mois d'Avril, restant dans l'intervalle de la norme indiquant que c'est une eau très douce selon **Mezedjri (2008)**.

3.2.2.5. La turbidité

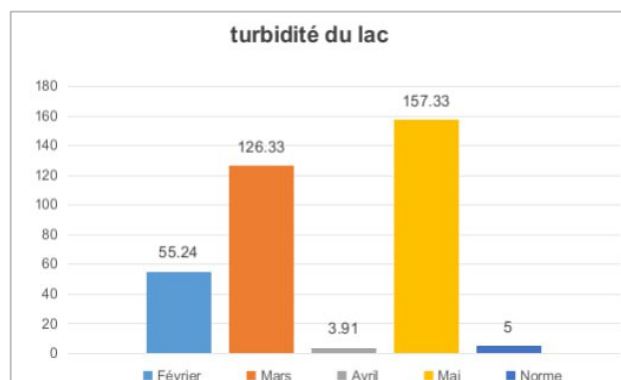


Figure 30 : Variation temporelle de la turbidité de la zone d'étude.

Toutes les valeurs sont très élevées dépassant largement la norme, seulement la valeur minimale enregistrée dans le mois d'avril qui rentre dans la norme. La turbidité est liée à la présence de particules diverses en suspension dans l'eau. Elle peut être favorisée par la pluie. L'augmentation de la turbidité influe la transparence de l'eau en réduisant la productivité biologique des organismes aquatiques (Ezzat *et al.*, 2012; Gideon *et al.*, 2013).

3.2.2.6. Chlorure (Cl^-) :

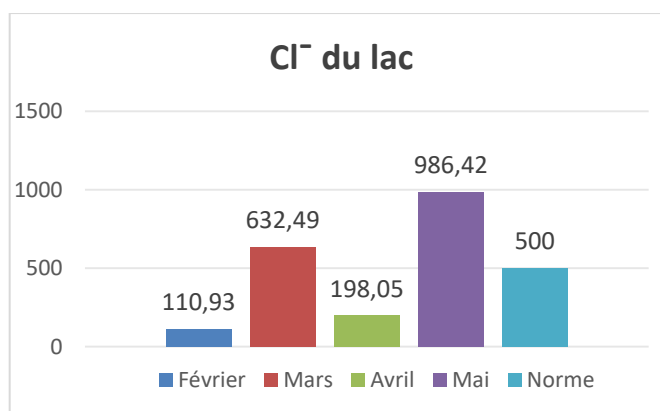


Figure 31 : Variation temporelle du Cl^- de la zone d'étude.

Les résultats de la concentration des ions chlorures sont compris entre (110.93 mg/L et 986.42 mg/L) car on note que les valeurs minimales ont été marquées au mois de Février et d'Avril et les valeurs maximales ont été signées au mois de Mars et de Mai d'où elles dépassent la norme qui est fixé, selon l'OMS, à 500 mg/l. Nos résultats sont contradictoires à ceux de Lahouibi et Rahmouni (2022).

3.2.2.7. Le TA/TAC :

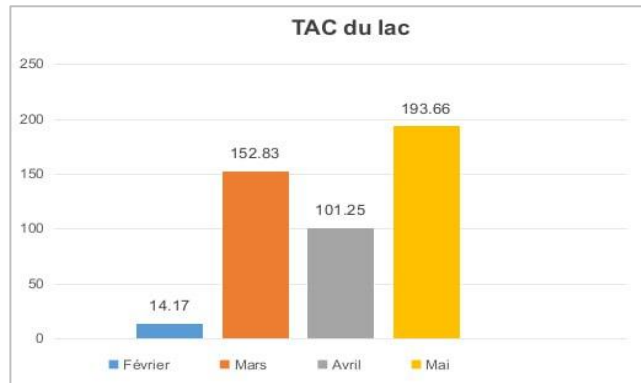


Figure 32 : Variation temporelle de TA/TAC de la zone d'étude

Au cours de l'étude de l'évolution du TAC nous avons enregistré la valeur la plus basse au mois de Février avec un total de 14,17 °f puis une augmentation atteinte 152.83°f le mois de Mars et une légère diminution en Avril puis une valeur plus élevée 193,66 °f enregistrée mois de Mai. Pour le TA nous avons enregistré des valeurs inférieures à 0,5 °f. Nos résultats sont similaires à ceux de **Bouguerba et al; (2022)**

3.2.2.8. Le THT :

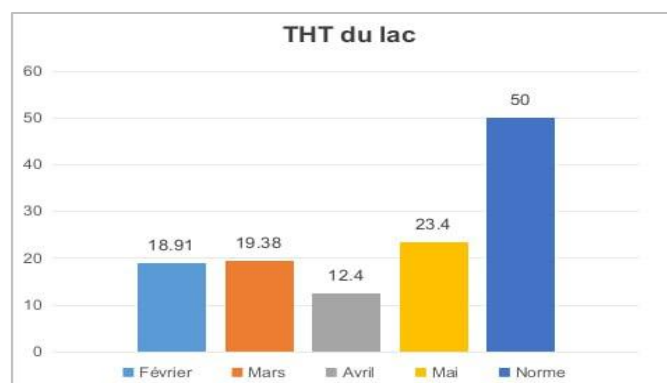


Figure 33 : Variation temporelle de THT de la zone d'étude.

D'après les données du graphe on observe que les valeurs de THT de tous les échantillons correspondent aux normes Algériennes ($THT \leq 50$ mg/L), car la valeur minimale enregistrée en mois d'Avril et la plus élevée en Mai.

3.2.2.9 .Le TH Ca²⁺ :

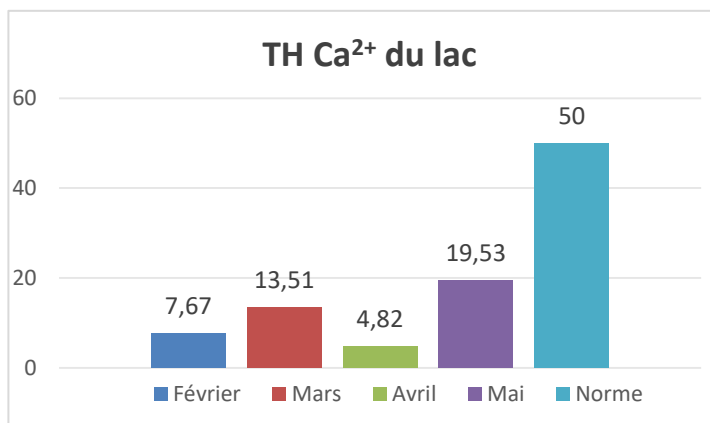


Figure 34 : Variation temporelle de TH Ca²⁺ de la zone d'étude.

D'après les données du tableau on observe que les valeurs de TH Ca²⁺ atteignent la valeur minimale au mois d'Avril et la maximale au mois de Mai. Tous les échantillons correspondent aux normes Algériennes (≤50 mg/L).

3.2.2.10. Le TH Mg²⁺

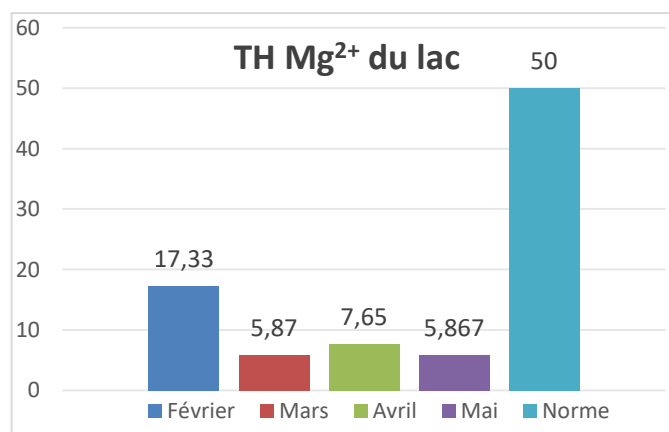


Figure 35 : Variation temporelle de TH Mg²⁺ de la zone d'étude.

On observe que les valeurs de TH Mg²⁺ atteignent une valeur minimale le mois de Mars et la valeur maximale au mois de Février. Tous les échantillons sont correspondants aux normes Algériennes d'eau (THT≤50 mg/L).

3.2.2.11. MES :

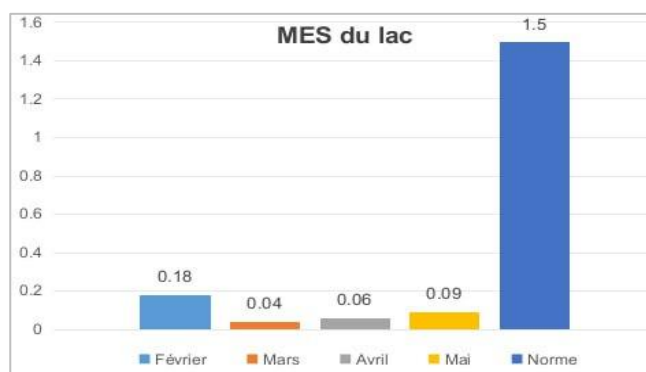


Figure 36 : Variation temporelle des MES de la zone d'étude.

La valeur maximale de ce paramètre a été enregistrée le mois de Février avec une valeur de 0,18 mg/L, tandis que la valeur maximale a été mesurée le mois de Mars avec une valeur de 0,04 mg/l, Ces valeurs de MES répondent aux normes fixé par l’OMS (<70 mg/l) et aux normes Algériennes d’eau 150mg/l.

3.2.2.12. DBO₅ :

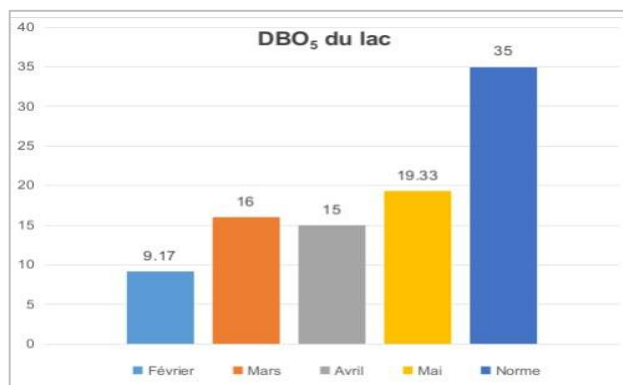


Figure 37 : Variation temporelle du DBO₅ de la zone d’étude.

Au cours de notre étude de ce paramètre, nous avons enregistré des valeurs qui augmentent avec le temps la valeur minimale enregistrée au mois Février 9,17 mg/L et la valeur maximale de 19,33 mg/L a été mesurée le mois Mai. L’évolution temporelle du DBO₅ montre des valeurs répondent aux normes fixée par l’OMS (35 mg/L).

3.2.2.13. Le NO₂⁻ :

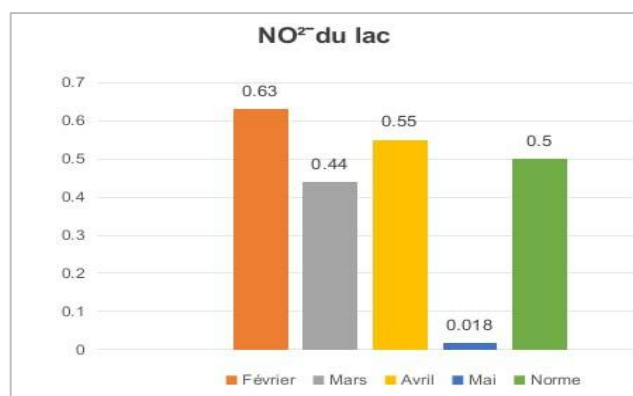


Figure 38 : Variation temporelle du NO₂⁻ de la zone d’étude.

La valeur maximale enregistrée au mois de Février (0.63ppm) suivie de la valeur d’Avril (0.55ppm) tous ces deux dépassent la norme fixée par l’OMS (0,5 ppm), tandis que la valeur minimale enregistrée au mois de mai (0.018ppm) et celle de mars répondent à la norme de l’OMS (0,5 ppm).

3.2.2.14. Le NO_3^- :

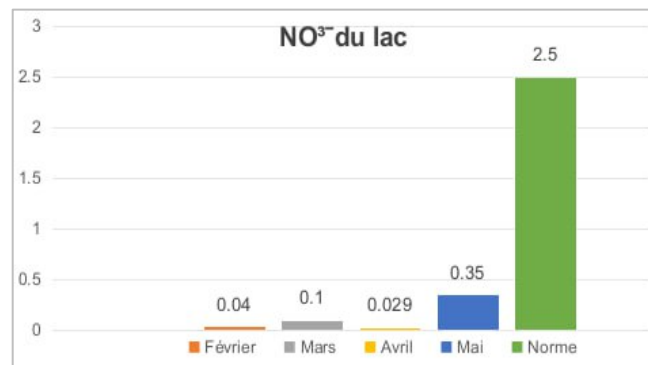


Figure 39 : Variation temporelle du NO_3^- de la zone d'étude.

Les résultats de NO_3^- sont faibles et varient entre (0,04 et 0,35 ppm). Ne dépassent pas toujours la norme fixée par l'OMS (0,5 ppm).

3.2.2.15. Le SO_4^{2-} :

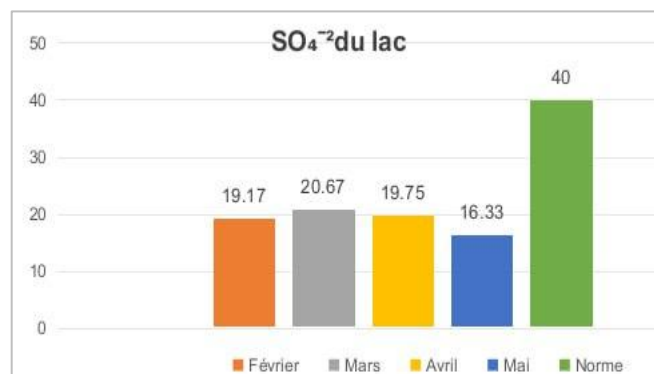


Figure 40 : Variation temporelle du SO_4^{2-} de la zone d'étude.

Ces données montrent que les concentrations de SO_4^{2-} , les plus élevées, sont observées au niveau de mois Mars et la plus faibles au mois Mai. En général La concentration de SO_4^{2-} est dans la norme algérienne d'eau (≤ 40 mg/L).

3.2.2.16. Le Cl^-

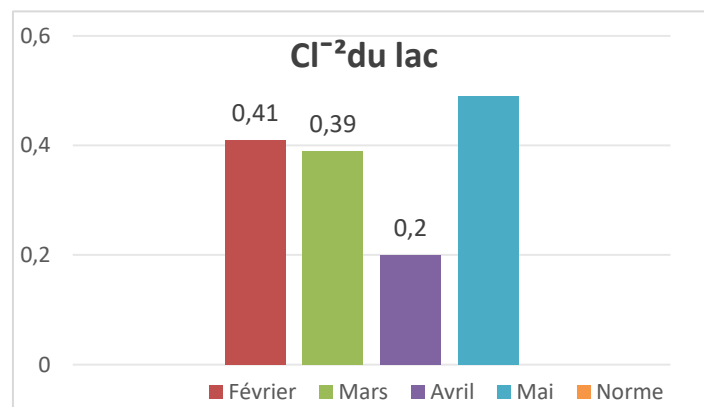
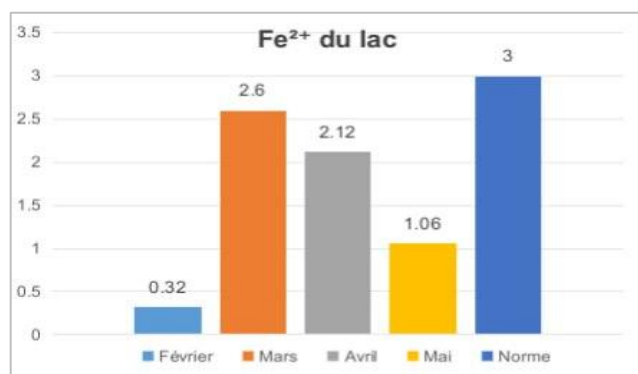


Figure 41 : Variation temporelle du Cl^{-2} de la zone d'étude.

Les résultats obtenus de notre étude montrent que les valeurs enregistrées sont très proches (de l'ordre de 0,4 ppm) sauf celle du mois d'Avril (0,2 ppm) et la dernière qui est la plus élevée des valeurs dans toute la période de prélèvement

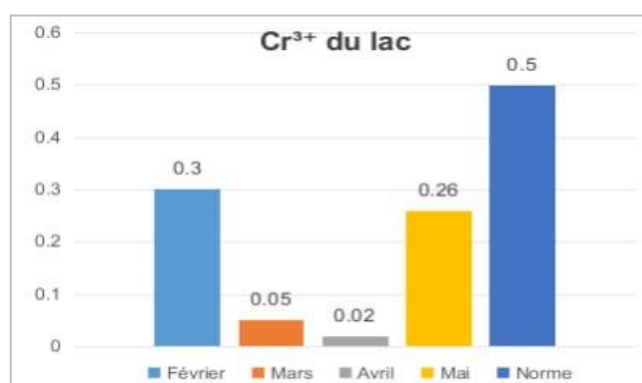
3.2.2.17. Les métaux lourds :

Le Fe^{2+} :

**Figure 42** : Variation temporelle du Fe^{2+} de la zone d'étude.

La valeur minimale enregistrée au mois de Février (0,32 ppm) puis elle augmente jusqu' à la valeur de 2,6 ppm, après elle se diminue, ces valeurs sont inférieurs à la norme fixée par l'OMS à 3 ppm.

Le Cr^{3+} :

**Figure 43** : Variation temporelle du Cr^{3+} de la zone d'étude.

La valeur maximale de ce paramètre est enregistrée au mois de Février est de 0.3ppm, nous avons enregistré une valeur minimale au mois d'Avril (0,02 ppm) et mars (0.05ppm). On remarque que ces valeurs sont faibles par rapport à la norme fixée par l'OMS : 3 ppm.

Le Zn^{2+} :

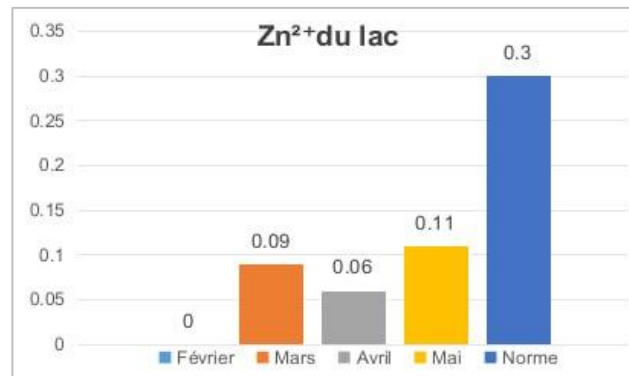


Figure 44 : Variation temporelle du Zn^{2+} de la zone d'étude.

Au cours de notre étude ce paramètre a enregistré la valeur de zéro (0 ppm) au mois de Février, et le reste des valeurs sont comprise entre (0,065ppm et 0,113 ppm), donc nos résultats sont très faibles par rapport à la norme de l'OMS (0,3ppm). Les résultats obtenus sont contradictoires à ceux de **Boulares et al., 2022**.

Le Cu^{2+} :

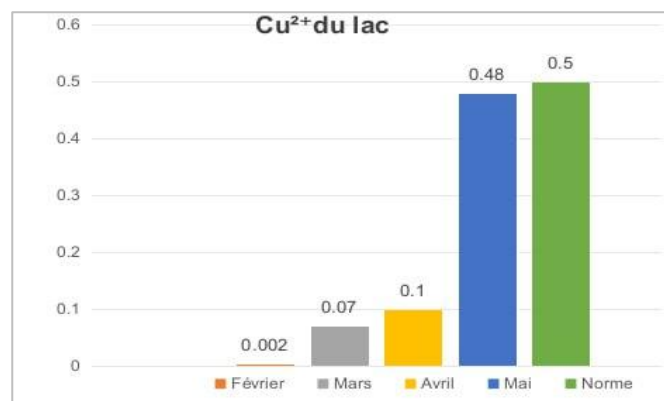


Figure 45 : Variation temporelle du Cu^{2+} de la zone d'étude.

Les résultats de Cu^{2+} augmentent progressivement avec le temps comprise entre (0,002 et 0,48 ppm) et au même temps ne dépassent pas la norme fixée par l'OMS (0,5 ppm). Les résultats obtenus sont contradictoires à ceux de **Boulares et al., (2022)**.

L' Al^{3+} :

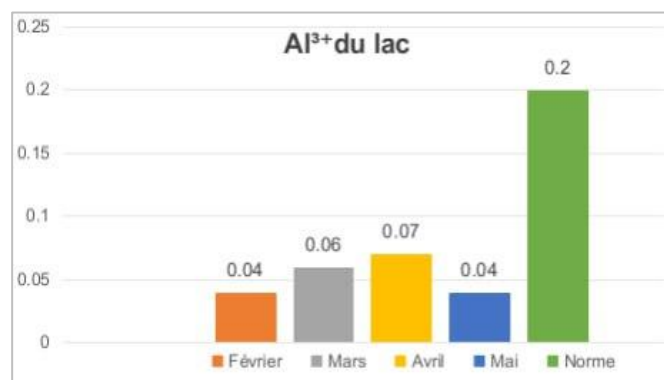


Figure 46 : Variation temporelle du l' Al^{3+} de la zone d'étude.

Au cours de la période d'étude de ce paramètre, les valeurs de concentration d' Al^{3+} varient entre (0,04 ppm et 0,07 ppm), on remarque une augmentation de Février au Avril puis se diminue au Mai donc nos résultats sont faibles par rapport à la norme de l'OMS (0,2 ppm).

3.3. Toxicité de l'Acétamipride :

Les essais toxicologiques permettant de déterminer l'efficacité des insecticides évalués à partir de la mortalité enregistrée chez les espèces non visé. Le pourcentage de mortalité des espèces au fil du temps est représenté dans les tableaux suivants :

Tableau 08 : Taux de mortalité de l'espèce *Laccophilus sp* traitée par (CL 50 ; CL90)

Temps (heures)	Témoin	CL50	CL90
24h	00	37,25 %	49,99%
48h	00	62,25 %	74,91%
72h	00	74,83%	95,83%

l'Acétamipride après 24 ,48 et 72heures (n=6).

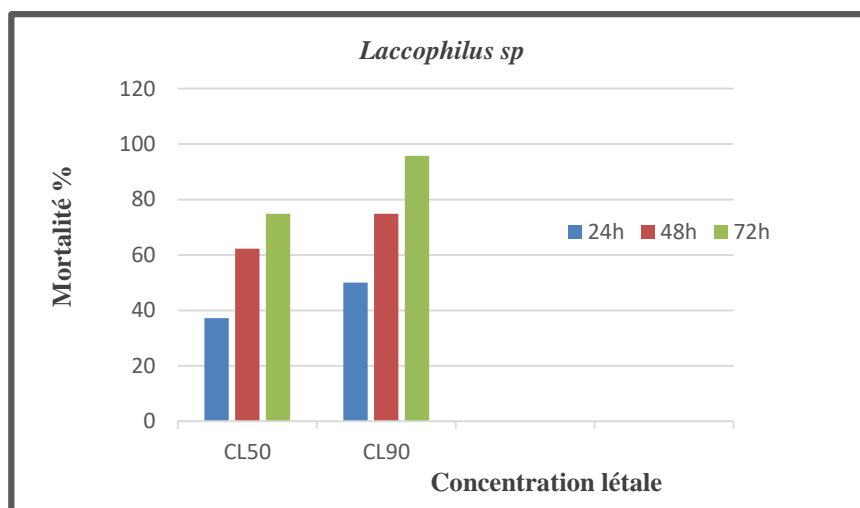


Figure 47 : Mortalité de l'espèce *Laccophilus sp* à l'Acétamipride (CL50;CL90) après 24,48 et 72 heures.

Tableau 09 : Taux de mortalité de l'espèce *Notonecta glauca* par l'Acétamipride après 24 ,48 et 72 heures (n=3).

Temps (heures)	Témoin	CL50	CL90
24h	00	49,99 %	83 %
48h	00	100 %	100 %
72h	00	100 %	100 %

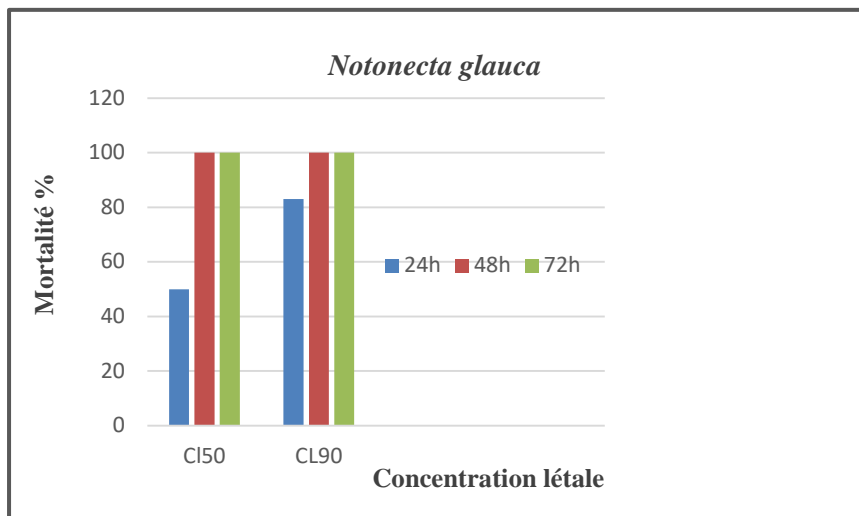


Figure 48 : Mortalité de l'espèce *Notonecta glauca* à l'Acetamipride (CL50;CL90) après 24,48 et 72 heures.

Tableau 10 : Taux de mortalité de l'espèce *Daphnia magna* par l'Acétamipride après 24h ,48h et 72h (n=20).

Temps (heures)	Témoin	CL50	CL90
24h	00	42,5 %	66,25 %
48h	00	68,75 %	81,25 %
72h	00	90 %	86,28 %

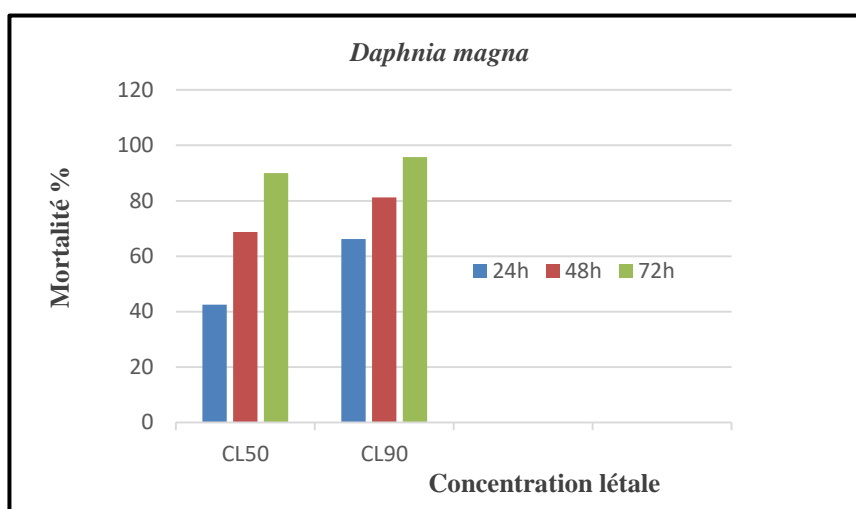


Figure 49 : Mortalité de l'espèce *Daphnia magna* à l'Acétamipride (CL50;CL90) après 24,48 et 72 heures.

Le traitement des trois espèces avec les deux concentrations létales CL50 et CL90 après 24, 48 et 72 heures montre que cette molécule entraîne une mortalité qui augmente avec le temps d'exposition chez les trois espèces, et atteints 100% pour *Notonecta glauca* dès 48 heures, montrant la haute sensibilité de l'espèce à l'égard du pesticide, suivie par l'espèce *Daphnia magna* et en dernière position se trouve le coléoptère indiquant que c'est l'espèce la moins sensible. Aussi on note la différence de mortalité entre les deux concentrations et que la CL 90 est plus toxique et efficace par rapport à la CL50. Des taux de mortalités élevés atteignant même la totalité de la population indiquant la nocivité de la molécule et son impact sur les espèces non visées. Ces résultats obtenus sont en accord avec l'expérience de (Taira *et al.*, 2007) dont l'étude a examiné les effets de l'Acétamipride sur les larves de moustiques (*Culex pipiens molestus*) (faune visée) dans des conditions de laboratoire. Les chercheurs ont observés une réduction significative de la survie des larves exposées à des concentrations élevées d'Acétamipride, ainsi que des effets sublétaux sur le développement et le comportement des larves. Également concordant avec l'étude de (Goulson *et al.*, 2015) dont la recherche a évalué les effets de l'Acétamipride sur les populations de larves d'insectes aquatiques (Chironomidae) (faune non visée) dans des ruisseaux au Royaume-Uni. Les résultats ont montré que l'exposition à des concentrations sublétales d'Acétamipride réduisait la survie et affectait la croissance et le développement des larves, ce qui pouvait potentiellement perturber les chaînes alimentaires et les écosystèmes aquatiques. Les néonicotinoïdes dans leur mode d'action, se lient aux récepteurs nicotiques de l'acétylcholine (nAChR) et imitent l'action de l'acétylcholine par l'ouverture des canaux ioniques qui permettent l'entrée de Na^+ et Ca^{2+} dans les cellules (EFSA, 2014). Chez les insectes, ces récepteurs se retrouvent sur les neurones du système

nerveux central, et de plus chez les mammifères, ils sont aussi présents dans le système nerveux périphérique ainsi que dans la jonction neuromusculaire.

L'activation de nAChR se traduit souvent par une augmentation de Ca^{2+} libre intracellulaire, tandis que leur sur activation génère un blocage engendrant une paralysie mortelle. De plus **Iwasa (2004)** confirme la paralysie et la mort des insectes suite à l'accumulation de l'acétylcholine au niveau du système nerveux central de l'insecte.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Dans le cadre de la protection et la préservation des zones humides, notamment l'eau qui est la source de vie. Une analyse des paramètres physico-chimiques, des eaux du lac Garaat – Zaouia classé site Ramsar a été faite, ce site considéré comme l'un des hydro systèmes les plus diversifiées en qualité faunistique et floristique, situé dans l'éco-complexe de zones humides de Guerbes-Sanhadja, sur une période qui s'étend sur quatre mois de Février à Mai 2024. L'analyse des paramètres physico-chimiques des trois stations indique la présence d'une pollution au niveau des trois stations, causé par l'altération de certains paramètres (Turbidité, Fer et Nitrate) en raison des effluents urbains de la zone à proximité et au lessivage des terres agricoles environnantes.

Une identification systématique de la faune macrobenthique a été faite le mois de Mai révélant la présence de huit familles appartenant à cinq ordres : Hémiptères, Coleopteras, Dipteras, Cyclopoidas et Diplostracas indiquant une faune diversifiée.

L'essai toxicologique du Picador (Acétamiprid 20% SL) pesticide répandu, largement utilisé en agriculture, sur la faune non visée a entraîné des taux de mortalités élevés après 24, 48 et 72 heures seulement reflétant son impact sur l'écosystème.

Il sera intéressant de poursuivre ces études par

- Etablir un inventaire annuel pour approfondir les connaissances de la faune macro benthique et préservé la biodiversité.
- Des études écologiques pour déterminer la structure et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques.
- Tester d'autres produits conventionnels et leur impact sur la faune visée et non visée.
- Tester la qualité bactériologique.

Références bibliographiques

Akil A., Hassan T., Fatima E. H., Lahcen B., Abderrahim L., 2014. Etude de la qualité physicochimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc.11p.

Adjagodo A., Kelomè N. C., Vissin E.W., 2017. Pollution Physique Et Bactériologique De l'eau Du Fleuve Dans La Basse Vallée De L'ouémé Pendant les Périodes De Basses Et Hautes Eaux Au Bénin. *European Scientific Journal*, ESJ.;13.

Aïna M. P., Agbohessi P., Toko I. I., Scippo M. L., 2015. Effets toxicologiques et méthodes d'analyse de la lambda-cyhalothrine et de l'acétamipride utilisés dans la protection phytosanitaire du cotonnier au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(4), 2184-2199.

Anonyme1 (<http://fr.m.wikipedia.org/w/index.PHP>)

Anonyme2: <https://substances.ineris.fr/fr/substance/668>.

Anonyme 3 (fr. wikipedia.org).

Aïna M. P., Agbohessi P., Toko I. I., Scippo M. L., 2015. Effets toxicologiques et méthodes d'analyse de la lambda-cyhalothrine et de l'acétamipride utilisés dans la protection phytosanitaire du cotonnier au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(4), 2184-2199

Agritox, 2015. <http://sevron.co.uk/msds/agritox-msds-download-2/>, Visited: 11/2015

Boutahrine F., 2014. optimisation des traitements des eaux potable de la station de KHENIFRA en amont de la déminéralisation ; mémoire de fin d'étude ; Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, p81

Belghiti M. L., Chahlaoui A., Bengoumi D., El Moustaine R., 2013. Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe plio-quaternaire de la région de Meknès (Maroc). 16p.

Bougherira N., Hani A., Toumi F., 2017. Impact des rejets urbains et industriels sur la qualité des eaux de la plaine de la Meboudja (Algérie). *Hydrological Sciences Journal*. 62:1290–1300.

Boudour A., & Habiles R., 2017. La qualité de l'eau en relation avec les macroinvertébrés (cas oued seybose). Mém. Master, Univ Guelma. 65p.

Balloy G., Bereult S., Robin A., Saout C., Traclok, 2004. Les pesticides dans l'eau potable. France, P : 5-9-10

Bodereau-Dubois B., 2011. Récepteurs nicotiniques neuronaux d'insectes et insecticides: caractérisation de facteurs cellulaires impliqués dans la modulation de l'efficacité des néonicotinoïdes (Doctoral dissertation, Université d'Angers. P196)

- Blais J.M., et al.2003.** « Bioaccumulation of persistent organochlorine compounds in fishes of a sub- Arctic lake in relation to dietary habits and age. » *Environmental Pollution*, 124(1), 57-65. DOL : 10.1016/ S0269-7491(02) SO00443-1.
- Bencherif F., 2010.** Contribution à l'étude des insectes d'intérêt médical dans les régions de Batna et de Biskra : Cas particulier des phlébotomes (Diptera : Psychodidae) Mémoire de Magister en Sciences Biologiques Université Hadj Lakhdar - Batna. 42 44 p.
- Boutoga F. 2012.** Ressource et Essais de Gestion des eaux dans le Zab Est de Biskra. Thèse de magistère. Ingénierie des ressources en eau. Université d'Annaba 172p.
- Boumezbeur A.,** Atlas des zones humides.
- Bouchlaghem E., 2008.** Caractérisation du peuplement odonatologique du bassin versant des oueds : Cherf- Seybouse- Mém. Magister. Univ Guelma.144p.
- Boudrari S., 2022.** Thèse de fin d'études Les Macro-Invertébrés Benthiques dans l'Oued El Abiod (Est Algérien). Inventaire, diversité, abondance, variation spatial et valeurs de tolérance.
- Cardot C., 1999 .** Les traitements de l'eau: procédés physico-chimiques et biologiques cours et problèmes résolus: génie de l'environnement. Edition Elipses. P 71
- Degremont G., 2005.** Mémento technique de l'eau, Tome 1, 10^{ème} édition, Edit. Tec et doc, Pp: 3- 38.
- Derwich E., Beziane Z., Benaabidate L., Belghyti D, 2008.** Evaluation de la qualité des eaux de surface des des oueds FES et SEBOU utilisées en agriculture MARAICHERE AU MAROC.
- Domange N., 2005.** Étude des transferts de produits phytosanitaires à l'échelle de la parcelle et du bassin. Thèse de doctorat, université Louis pasteur strasbourg, p: 285.
- David D., George I.A., Peter J.V., 2007.** Toxicology of the newer neonicotinoid insecticides: imidacloprid poisoning in a human. *Clin Toxicol* 45: 48-56
- Dively G.P., Embrey M.S., Kamel A , 2015.** Assessment of Chronic Sublethal Effects of Imidacloprid on Honey Bee Colony Health. *Plos One*. Doi: 10.1371/journal.pone.0118748.
- Dinnart E.P., 2003:** La détermination de la salinité de surface des océans à partir de mesures radiométriques hyperfréquences en bande L, Thèse de Doctorat Université Paris V- France.
- Dudgeon D., Arthington A. H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D. J., Lévêque, C. & Stiassny, M. L. 2006 ; Monroy M., Viscor G. & De Sostoa A., 2010.** Changes in non-specific biomarkers in the Mediterranean barbel (*Barbus meridionalis*) exposed to sewage effluents in a Mediterranean stream (Catalonia, NE Spain). *Aquatic toxicology*, 100(3), 229-237 (Hydroptilidae collected in Algeria by the Rev. AE Eaton).

- Edmond B., 2000.** Possibilités d'amélioration de la desserte en eau de boisson de la zone Callebasse (4e section Bellevue La Montagne), par captage de la source Biolé. Mémoire de Fin d'Études. Faculté d'Agronomie et de Médecine Vétérinaire. Université d'État d'Haiti.
- EFSA (European Food Security Authority), 2014.** Reasoned opinion on the modification of the existing MRL for acetamiprid in bananas. *EFSA Journal*, 12(9): 3824
- Gatignol C., & Etienne J.C. (2010).** Pesticides et santé. Rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 262 p.
- Gagaoua Y., 2012 .** Suivi de la variabilité de l'utilisation des pesticides dans le bassin versant de la Soummam 46p.
- Gasmi S., 2018.** Neurotoxicité de deux pesticides (Acetamipride et Deltamethrine) et la prévention de cette toxicité par la quercétine chez le rat, Thèse Doctorat, Université de Tébessa. 217p.
- Gerard G., 1999.** L'eau: Milieu naturel et maîtrise, Édition INRA : Volume 1, P 204.
- Geist J., 2011.** Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation. *Ecological Indicators*, 11(6), 1507-1516. Institut National Agronomique, Paris-Grignon, 80, 53.
- Goulson D., Raine N. E., & Mason E. M., 2015.** Acetamiprid is a neonicotinoid insecticide that reduces invertebrate abundance and biomass in freshwater microcosms. *Environmental Science & Technology*, 49(8), 4920-4927.
- Hem J. D., 1985.** Study and interpretation of chemical characteristic of natural water. 3rd Edition. University of Virginia, United States of Geological Survey Water-Supply. Paper 2254 Washington, DC, USA. 263p.
- Herbert G.T., Chetan R., Jie F., Jorge L.P., Chaouki T.A., 2012.** Finite abstractions for hybrid systems with stable continuous dynamics. *Discrete Event Dynamic Systems*, 22(1): 83-99.
- Haouchine S., 2011.** Recherche sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie. Thèse de Magister en Science Biologique. Faculté des Science Biologiques et des Sciences Agronomiques .U.M.M.T.O. 103-53 pp.
- Houmeur Z., & Bendada M., 2016.** Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Bouhamdane. Mém. Master, Univ Guelma. 75p.
- Kpoda N.W., Sorgho H., Poda J.N., 2013.** Endémie bilharzienne à *Schistosoma mansoni* à la vallée du Kou : caractérisation du système de transmission et impact socioéconomique. *Comptes Rendus Biologies*. 2013;336:284–288.
- Khalik W.M.A.W.M., Abdellah M.P., Amerudin, N.A & Padli N., 2013.** Physicochemical analysis on water quality status of Bertam River in Cameron Highlands , Malaysia. *J.Mater Environ. sci*, 4(4), 488_495.

- Levallois P., & Phaneuf D., 1992.** Les risques associés à la contamination de l'eau potable par les nitrates. Bulletin d'information en santé environnementale. Centre de santé publique de Québec. Volume 3 - No 3. 18p
- Ledler, 1986. In Haoussa, N. 2013.** Etude de la qualité des eaux des mélanges eau d'oued Biskra – Eau de Droh. Mémoire de master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra : Faculté des sciences et de technologie, 25 p
- Lounnas A., 2009.** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. Mémoire de Magister, Université de Skikda (Algérie), 120 p.
- Liess M., & Von der Ohe P.C., 2005.** « Analysing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. » *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(4) ,954-965. DOI/ 10.1897/03-652.1.
- LECLERC, 1996.** Microbiologie générale. *Doin*. 368p
- Makhoukh M., Sbaa M., Berrahou A., Van Clooster M. 2011.** Contribution à l'étude physicochimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc Oriental). 21p.
- Menad. K, Metadjer, 2012.** Traitement des eaux saumâtres par l'osmose inverse cas de l'eau de Khemis Miliana .Université Khemis Miliana
- Mekhalif F., 2009.** Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épurées comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement. Mémoire de Magister. Université de Skikda (Algérie), 139 p.
- Mekaoussi N., 2014.** Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh (est Algérien). Mémoire de Magister, Université de Batna (Algérie), 126 p.
- Morrissey C.A., et al. 2015.** Neonicotinoid contamination of global surface waters and associated risk to aquatic invertebrates : *A review. Environnement International*, 74,291-303. DOL : 10.1016/j.envint.2014.10.024.
- Mikiko U., Eiki W., Shigekazu I., Seiji I., ShiroM., 2012.** Development of immuno assay based on monoclonal antibody reacted with the neonicotinoid insecticides chlothianidin and dinotefuran. *Research and Development Division*, 54: 601-8510.
- Metallaoui S.,** Structure, inventaire et biosurveillance de l'éco-complexe de Guerbes-Sanhadja (Nord-est algérien) Université de 8 mai 1945 Guelma .Laboratoire BEE : Biologie, Eau et Environnement.
- Margat J., 1992:** L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et perspective. Edition: Harmattan
- Mouissi & Alayat, 2016.** Utilisation de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) pour la Caractérisation Physico-Chimique des Eaux d'un Ecosystème Aquatique : Cas du Lac Oubéira (Extrême NE Algérien)

Mezedjri .L., 2008. Modélisation de l'impact de la pollution industrielle hydrique dans le golfe de Skikda (littoral est algérien), Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba. Décret Exécutif n°11-125 du 22 Mars 2011.

N'guessan Y.,M., Wango T.E., Adopo K.L., 2016. Caractéristiques géochimiques des eaux de surface dans un environnement agricole: cas des bassins versants de la Gascogne (Région Midi Pyrénées, SW de la France)/[Geochemical characteristics of surface waters in an agricultural environment: Case of Gascogne catchments (Midi Pyrénées Region, SW France)]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 2016;17:394.

Nilsson C. & Berggren K., 2000. Alterations of riparian ecosystems caused by river regulation: Dam operations have caused global-scale ecological changes in riparian ecosystems. How to protect river environments and human needs of rivers remains one of the most important questions of our time. *BioScience*, 50(9), 783-792.

Organisation mondiale –Surveillance de la qualité l'eau (OMS ; surveillance de la qualité de l'eau.)

Oertli B., Joye D. A., Castella E., Juge R., Cambin D., 2000. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish: United states Environmental protection Agency, Office of Water, Regulations and Standards, Washington DC, USA, 160 p.

Potelon J. L., Zysman K., 1998. Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial.253p

Potential pathways of pesticide action on erectile function – A contributory factor in male infertility), *Asian Pacific Journal of Reproduction*, vol. 4, n° 4, 1^{er} décembre 2015, p. 322–33.

Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 7ème édition.

Rejsek, 2002. Analyse des eaux–Aspects règlementaires et techniques biologie technique CRDP d'aquitaine, p358.

RODIER J., LEGUBE B., MARLET N., 2009 .L'analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod. Paris. 1579 p.

RODIER J., 1996. Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires. 8ème édition, *Dunod*, Paris 1130p.

Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris 50p.

Sahraoui N. 2015. Etude de la cohérence entre la vulnérabilité à la pollution de la qualité des eaux souterraines plaine Khemis Miliana. Mémoire de Master en Eau et Bioclimatique. Université Khemis Miliana.

Sanogo S., Kabre J.A.T., Cecchi P., 2014. Inventaire et distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés bioindicateurs de trois plans d'eau du bassin de la Volta au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(3): 1005-1029, ISSN 1991-8631. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i3.16>

Schulz R., 2004. « Field studies on exposure, effects, and risk mitigation of aquatic nonpoint-source insecticides pollution : a review. » *Journal of Environmental Quality*, 33(2), 419-448. DOI :

- Seifert J., 2005.** Neonicotinoids. In: Wexler P, editor. Encyclopedia of toxicology. Elsevier 196-200.
- Sheets L.P., 2010.** Imidacloprid: a neonicotinoid insecticide. In: Hayes handbook of pesticide toxicology. Paris: Elsevier. 20: 55-64.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Polatera P., 2013.** Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie (Vol. 15). Paris : CNRS édition.
- Testud F., 2014.** Insecticides néonicotinoïdes. EMC-Pathologie professionnelle et de l'environnement. EMC-Toxicologie-Pathologie. doi: 10.1016/S1877-7856(13)62786-5
- Tjeerd B., Guy S., Cornelis A.M.V, Veerle M., 2012.** Neonicotinoids in bees: *a review on concentrations, side-effects and risk assessment*. Ecotoxicology, 21(4): 973-992.
- Testud F., 2014.** Insecticides néonicotinoïdes. EMC-Pathologie professionnelle et de l'environnement. EMC-Toxicologie-Pathologie. doi: 10.1016/S1877-7856(13)62786-5
- Tian Y., Yuan W., Zhi S., Tingting L., Xu L., 2016.** A colorimetric detection method of pesticide acetamiprid by fine-tuning aptamer length, Analytical Biochemistry 513: 87-92.
- Taira K., Hattori N., Hayashi T., & Ono H., 2007.** Effects of acetamiprid on mosquito larvae (*Culex pipiens molestus*) under laboratory conditions. Pest Management Science, 63(4), 358-362.
- Vinebrooke R., Cottingham K., Norberg M. S., Jon I., Dodson S., Maberly S., & Sommer U. 2004.** Impacts of multiple stressors on biodiversity and ecosystem functioning: The role of species co-tolerance. *Oikos*, 104(3), 451-457. Dajoz, R
- Wallace J. B. & Webster J. R., 1996.** The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual review of entomology*, 41(1), 115-139.
- Zinsou H. L., Attingli A. H., Adandedjan D., Laleye P., Gnohossou P., 2016.** Caractéristiques physico-chimiques et pollution de l'eau du delta de l'Oueme au Benin 9163. Auteur correspondant : leoncezinsou@yahoo.fr Tel : +229 97 09 02 25 Original submitted in on 18th November 2015. Published online at www.m.elewa.org on 31st January 2016. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v97i1>.